

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра інженерної екології

«На правах рукопису»
УДК 622.241

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Ткачук К.К.

“ ” _____ 2018__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності _____ 101 «Екологія»
(код і назва спеціальності)

на тему: «Обґрунтування складу будівельних матеріалів з додаванням
мінеральної вати для захисту від теплових та електромагнітних полів»

Виконала: студентка VI курсу, групи ОЗ-71мп

Мельник Анастасія Михайлівна

(підпис)

Керівник ст. викл., к.т.н. Жукова Н.І.

(підпис)

Рецензент доц., к.т.н. Козлов С.С.

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра інженерної екології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою

Спеціальність – 101 «Екологія»

Спеціалізація – Інженерна екологія та ресурсозбереження

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ К.К. Ткачук

«__» грудня 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Мельник Анастасії Михайлівні

1. Тема дисертації: «Обґрунтування складу будівельних матеріалів з додаванням мінеральної вати для захисту від теплових та електромагнітних полів»

Науковий керівник дисертації Жукова Наталія Іванівна, к.т.н., ст.викл.

затверджені наказом по університету № _____ від «__» _____ 2018р.

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: процес виробництва керамічного блоку з додаванням відходів мінеральної вати.

4. Предметом дослідження: підвищення теплоізоляційних властивостей керамічного блоку, який містить відходи виробництва мінеральної вати.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати склад і властивості сировини для виробництва будівельних матеріалів; визначити вміст мінеральної вати та відходів її виробництва у складі будівельних матеріалів; визначити рівень

електромагнітного і теплового випромінювань від вмісту мінеральної вати у будівельних матеріалах.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 38 таблиць, 28 рисунків, 21 формула.

7. Орієнтовний перелік публікацій: результати наукових досліджень представлені на I Науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (21-22 листопада 2018 року).

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормконтроль	Репін М.В		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Затвердження теми магістерської дисертації науковим керівником		
2.	Написання 1 розділу магістерської дисертації		
3.	Написання 2 розділу магістерської дисертації		
4.	Написання 3 розділу магістерської дисертації		
5.	Написання 4 розділу магістерської дисертації		
6.	Строк подання магістерської дисертації на кафедру		
7.	Захист магістерської дисертації		

Студент

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(підпис)

Мельник А.М.

(ініціали, прізвище)

Жукова Н.І.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг роботи. Магістерська дисертація складається із вступу, 4-х розділів і висновку, викладених на 97 сторінках машинописного тексту, у тому числі містить 28 ілюстрацій, 38 таблиць і список використаних джерел з 54 найменувань на 6 сторінках.

Актуальність теми. Тенденція постійного зростання цін на опалення приміщень, зокрема природним газом, зобов'язує утеплювати вже збудовані будівлі або будувати нові, використовуючи матеріали з високими теплоізоляційними характеристиками, з метою зменшення тепловтрат. Останні будівельні матеріали коштують значно більше за традиційну керамічну або силікатну цеглу, тому існує актуальне питання зменшення вартості продукції. Вирішити це питання можливо шляхом застосування відходів як сировини. Такий підхід має не тільки економічний, а й екологічний ефект: зменшення обсягів добування первинної сировини і площ полігонів для зберігання відходів.

Метою роботи є визначення вмісту відходів виробництва мінеральної вати у складі будівельних матеріалів для підвищення їх теплоізоляційних властивостей і захисту від електромагнітних полів.

Задачі дослідження. Для досягнення мети магістерської дисертації поставлено наступні задачі:

- Проаналізувати патентні дослідження, вітчизняну і зарубіжну літературу стосовно впливу теплового та електромагнітного випромінювання на організм людини.
- Проаналізувати склад і властивості сировини для виробництва будівельних матеріалів.
- Визначити вміст мінеральної вати та відходів її виробництва у складі будівельних матеріалів.
- Визначити рівень електромагнітного і теплового випромінювань від вмісту мінеральної вати у будівельних матеріалах.

Об'єкт дослідження – процес виробництва керамічного блоку з додаванням відходів мінеральної вати.

Предмет дослідження – підвищення теплоізоляційних властивостей керамічного блоку, який містить відходи виробництва мінеральної вати.

Методи дослідження. Для визначення коефіцієнту теплопровідності і опору теплопередачі проведено досліди методом, у якому шукані величини обчислюються за вимірюваним значенням густини теплового потоку. При дослідженні проходження електромагнітних хвиль через будівельні матеріали застосовано метод радіопросвічування.

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлення закономірності зміни теплових коливань від вмісту мінеральної вати у будівельних матеріалах.

Практичне значення одержаних результатів. Обґрунтовано склад будівельних матеріалів з додаванням мінеральної вати, що підвищує їхні теплоізоляційні властивості. Виявлено, що керамічна маса з 35% вмістом відходів мінеральної вати має найвищий опір теплопередачі – $R=4,67 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, що включені до дисертації, оприлюднені на I Науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (Київ, 21-22 листопада 2018 року).

Ключові слова: БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, КЕРАМІЧНИЙ БЛОК, МІНЕРАЛЬНА ВАТА, ВІДХОДИ, ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ, КОЕФІЦІЄНТ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ.

ABSTRACT

Structure and volume of work. Master's dissertation consists of an introduction, four chapters and conclusion contained 97 pages of typewritten text, including contains 28 illustrations, 38 tables and a list used sources of 54 titles in 6 pages.

Actuality of theme. A trend of steady price rising for space heating, including natural gas, requires insulate the already constructed buildings or build new ones, using materials with high insulation characteristics, in order to reduce heat loss. The latest building materials cost much more than traditional ceramic or silica bricks, so there is an urgent issue of reducing the cost of production. It is possible to solve this question by using waste as secondary resource. This approach has not only an economic but also an ecological effect: reducing the volumes of primary resources extraction and the areas of landfills for waste storage.

The purpose of the work is to determine the content of mineral wool waste in the content of building materials to increase their thermal insulation properties and protection against electromagnetic fields.

Research tasks. To achieve the aim of the master's thesis, the following tasks are set:

- To analyze patent researches, native and foreign literature on the influence of thermal and electromagnetic radiation on the human body.
- To analyze the content and properties of resources for building materials production.
- To determine the content of mineral wool and waste from its production as part of building materials.
- To determine the level of electromagnetic and thermal radiation depending on the mineral wool composition in building materials.

The object of research is the process of producing a ceramic block with mineral wool waste addition.

Subject of study is increasing of insulation properties of the ceramic block, which contains wastes from the production of mineral wool.

Research methods. A method in which thermal conductivity and resistance to heat transfer are calculated from the measured values of the heat flux density is applied. In the study of the passage of electromagnetic waves through the construction materials the method of radioenlightenment is applied.

Scientific originality of the obtained results. Regularities of change of thermal vibrations from mineral wool content in building materials are established.

The practical value of the obtained results. The content of the building materials with the addition of mineral wool, which increases their heat-insulating properties, is substantiated. It was found that ceramic mass with 35% mineral wool content has the highest heat transfer resistance and its value is $R = 4.67 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{W}$.

Approbation of dissertation results. The included in the dissertation results of the research were announced at the 1st Scientific and Technical Conference of Master students of IEE (Kyiv, November 21-22, 2018).

Keywords: BUILDING MATERIALS, CERAMIC BLOCK, MINERAL WOOL, WASTE, THERMAL INSULATION, COEFFICIENT OF THERMAL CONDUCTIVITY, HEAT RESISTANCE, ELECTROMAGNETIC FIELD.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ

І ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП	11
1 АНАЛІЗ РИНКУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ БУДІВНИЦТВА	13
1.1 Аналіз літературних джерел	13
1.2 Аналіз ринку будівельних матеріалів за період 2011- 2018 роки	17
1.2.1 Аналіз ринку цегли	18
1.2.2 Аналіз ринку мінеральної вати	24
1.3 Сучасні тенденції будівництва будинків.....	26
1.3.1 Цегла.....	26
1.3.2 Деревина	27
1.3.3 Газоблоки і газобетон.....	28
1.4 Властивості і характеристики будівельних матеріалів	29
1.4.1 Властивості і характеристики керамічної цегли.....	29
1.4.2 Властивості і характеристики мінеральної вати.....	30
1.4.3 Властивості і характеристики відходів виробництва мінеральної вати.....	31
1.4.4 Огляд існуючої технології виробництва керамічної цегли з мінераловатним наповнювачем.....	33
Висновки до розділу 1	35
2 ТЕПЛОВЕ ПОЛЕ У БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ	36
2.1 Основні фізичні величини теплового захисту	36
2.2 Методика досліджень	37
2.3 Результати досліджень	42
2.4 Точка роси.....	48
2.5 Економічне обґрунтування будівництва багатоповерхового будинку з використанням різних будівельних матеріалів.....	54
Висновки до розділу 2	57

3 ЗАХИСТ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ.....	59
3.1 Характеристика електромагнітних полів	59
3.2 Діапазон частот електромагнітного випромінювання	60
3.3 Нормування електромагнітного випромінювання	62
3.4 Проходження електромагнітних хвиль через будівельні матеріали	63
3.5 Експериментальне дослідження параметрів послаблення радіосигналів у стінах будівель.....	65
Висновки до розділу 3	70
4 СТАРТАП ПРОЕКТ.....	72
4.1 Опис ідеї товару	72
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	73
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	74
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	82
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	84
4.6 Оформлення патенту на корисну модель	88
Висновки до розділу 4	90
ВИСНОВКИ.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	93

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ**

ВМВ	—	відходи мінеральної вати
ГДР	—	гранично допустимі рівні
ЕМВ	—	електромагнітне випромінювання
ЕМП	—	електромагнітне поле
МВ	—	мінеральна вата
ТП	—	теплове поле

ВСТУП

Актуальність теми. Тенденція постійного зростання цін на опалення приміщень, зокрема природним газом, зобов'язує утеплювати вже збудовані будівлі або будувати нові, використовуючи матеріали з високими теплоізоляційними характеристиками, з метою зменшення тепловтрат. Останні будівельні матеріали коштують значно більше за традиційну керамічну або силікатну цеглу, тому існує актуальне питання зменшення вартості продукції. Вирішити це питання можливо шляхом застосування відходів як сировини. Такий підхід має не тільки економічний, а й екологічний ефект: зменшення обсягів добування первинної сировини і площ полігонів для зберігання відходів.

Метою роботи є визначення вмісту відходів виробництва мінеральної вати у складі будівельних матеріалів для підвищення їх теплоізоляційних властивостей і захисту від електромагнітних полів.

Задачі дослідження. Для досягнення мети магістерської дисертації поставлено наступні задачі:

- Проаналізувати патентні дослідження, вітчизняну і зарубіжну літературу стосовно впливу теплового та електромагнітного випромінювання на організм людини.
- Проаналізувати склад і властивості сировини для виробництва будівельних матеріалів.
- Визначити вміст мінеральної вати та відходів її виробництва у складі будівельних матеріалів.
- Визначити рівень електромагнітного і теплового випромінювань від вмісту мінеральної вати у будівельних матеріалах.

Об'єкт дослідження – процес виробництва керамічного блоку з додаванням відходів мінеральної вати.

Предмет дослідження – підвищення теплоізоляційних властивостей керамічного блоку, який містить відходи виробництва мінеральної вати.

Методи дослідження. Для визначення коефіцієнту теплопровідності і опору теплопередачі проведено досліди методом, у якому шукані величини обчислюються за вимірюваним значенням густини теплового потоку. При дослідженні проходження електромагнітних хвиль через будівельні матеріали застосовано метод радіопросвічування.

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлення закономірності зміни теплових коливань від вмісту мінеральної вати у будівельних матеріалах.

Практичне значення одержаних результатів. Обґрунтовано склад будівельних матеріалів з додаванням мінеральної вати, що підвищує їхні теплоізоляційні властивості. Виявлено, що керамічна маса з 35% вмістом відходів мінеральної вати має найвищий опір теплопередачі – $R=4,67 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

1 АНАЛІЗ РИНКУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ БУДІВНИЦТВА

1.1 Аналіз літературних джерел

У роботі [1] наведені протипожежні характеристики мінераловатних утеплювачів, описані плити Rockwool для теплоізоляції вентильованих фасадів та одношарової ізоляції у бетонних сендвіч-панелях. Не описано використання продукції у поєднанні з цеглою.

Використання торфу як сировини для виробництва будівельних матеріалів обґрунтовано у монографії [2]. Наведені наступні параметри: коефіцієнт теплопровідності, паропроникність, міцність при стисненні, верхня температурна межа експлуатації, екологічна безпека та енергозбереження при виробництві. Не вказано морозостійкість матеріалу та здатність до захисту від електромагнітних полів.

Автори роботи [3] дали класифікацію теплоізоляційним матеріалам, систематизували основні вимоги до них, описали основний спосіб утворення пористості у таких матеріалах, як мінеральна вата та вироби з неї, деревоволокнисті плити. Немає опису технології поєднання цегли з мінеральною ватою або відходами її виробництва.

У підручнику [4] описана мінераловатна суміш, виготовлена з мінеральної вати, азбесту, тонкодисперсної глини і портландцементу. Відсутні дані про показники міцності та морозостійкості.

Російські вчені [5] опублікували результати дослідження з наукового обґрунтування зернового складу деревного наповнювача у торф'яних утеплювачах, навели класифікацію органічних теплоізоляційних матеріалів за типом структури, систематизували фізико-механічні властивості органічних теплоізоляційних матеріалів за наступними критеріями: середня густина, коефіцієнт теплопровідності, межа міцності при стисненні та вигині, водопоглинання, гранично допустима температура використання, група по горючості, паропроникність. Запропоновано використання торфу як

нетрадиційного органічного природного ресурсного матеріалу. Відсутні дані про проходження електромагнітних полів через торф.

Розрахункове споживання та введення виробничих потужностей по випуску будівельних матеріалів до 2020 року наведено у роботі [6]. Перераховані індикатори розвитку будівельного комплексу, який безпосередньо впливає на ринок будівельних матеріалів.

В авторефераті [7] описана пориста структура кераміки, виготовленої за високоефективною технологією низькотемпературного спінювання мас при газовиділенні, що дозволяє виготовляти штучні вироби випалюванням в одну стадію. Обґрунтовано хімічний склад застосованих видів сировини.

У дисертації [8] запропоновано виготовляти пористу кераміку зі складом 20% глини монтморилоніт-каолінітової, 45% кварц-полешпатового піску, 15% висококальцевої золи, 20% склобою і 0,6% дисперсійного алюмінію. При температурі випалювання 1100°C розрахунковий коефіцієнт теплопровідності складає 0,171 Вт/м·°C, фактичний коефіцієнт – 0,164 Вт/м·°C; щільність 530 кг/м³, міцність при стисненні – 2,1 МПа. Температура випалювання пористої кераміки тим нижча, чим менший склад каолініту в породі.

Автор книги «Сучасні оздоблювальні матеріали» [9] описала найвідоміші виробники мінеральної вати на ринку – Rockwool, Ursa, Isover; навела технічні характеристики продукції. Надано практичні рекомендації щодо установки та експлуатації теплоізоляційних матеріалів.

Ілля Мельников узагальнив усі властивості будівельних матеріалів [10]: щільність, пористість, водопоглинання, гігроскопічність, водопроникність, морозостійкість, паро- і газопроникність, теплопровідність, теплоємність, звукопоглинання та ін. Навів числові значення цих характеристик для основних будівельних матеріалів.

Додавання наночасток до бетону дозволили російському вченому підвищити теплоізоляційні властивості матеріалу та зекономити на будівництві, оскільки більше немає потреби в утепленні [11].

Результати дослідження [12] показують можливість практичного застосування високоефективних радіопоглинаючих покриттів з домішками графіту для зниження коефіцієнту проходження електромагнітних хвиль через багатошарові зразки. Такі покриття можливо виготовляти з простих доступних будівельних матеріалів.

У статті [13] розглянута можливість створення радіопоглинаючих матеріалів на основі оздоблювальних будівельних матеріалів для захисту від надвисокочастотного (НВЧ) випромінювання, проведено теоретичні й експериментальні дослідження для вибору радіопоглинаючих наповнювачів. Виготовлено 4 зразки, склад яких варіюється: цемент марки М-500 (1%), пісок (від 2,5 до 4%), 1,5% магнітний наповнювач (від 1 до 1,5%), волокнистий наповнювач (від 0,1 до 1%). Дано коефіцієнти проходження зразків у діапазоні частот базових мобільних станцій.

Автори роботи [14] довели ефективність застосування полімерних композитних матеріалів для захисту біологічних об'єктів від впливу мікрохвиль, а саме плівкові, листові і волокнисті неткані композитні радіопоглинаючі матеріали на основі термопластів: поліетилен, поліетилен низького тиску, поліпропілен.

Результати застосування магнезіально-шунгітових будівельних сумішей для захисту від електромагнітних полів наведені у роботі [15]. Наведені фізико-технічні характеристики та методи випробування.

У статті [16] визначено діапазон електродинамічних параметрів, у межах якого використання НВЧ-випромінювання для руйнування бетону є найбільш ефективним.

Частотні залежності коефіцієнта проходження радіохвиль через стіну, побудованої з двох шарів цеглової кладки товщиною 12 і 9 см і повітряного простору між ними 15 см наведені у статті [17].

Середня величина ослаблення надширокополосного хаотичного сигналу діапазону 3-5 ГГц у цегловій стіні складає: 5-7 дБ у стіні товщиною 34 см і 6-10 дБ у стіні товщиною 64 см [18].

Ослаблення радіосигналу у діапазоні частот 900МГц-10ГГц цегловою стіною товщиною 89-267 мм наведене у роботі [19]. Також побудовані частотні залежності погонного затухання радіохвиль (дБ/м) при різній вологості цементного розчину та цегли.

У буклеті [20] описано лінію та технологію виробництва та керамічної цегли з додаванням мінеральної вати на Рябовському керамічному заводі (Росія). Патент теплоізоляційної будівельної цегли полягає у тому, що цегла заповнена мінеральними гранулами [21].

Винахід російських вчених [22] полягає у розробці керамічної маси з легкоплавкої глини (70-90%), у склад якої входять відходи діабазової шихти виробництва мінеральної вати (10-30%).

Підвищення морозостійкості виробів досягається за рахунок глинистої частини «хвостів» гравітації циркон-ільменітових руд і продукт від згоряння андезітобазальтової шихти виробництва мінеральної вати з вмістом, мас. %: SiO_2 - 55,2; Al_2O_3 - 18,4; Fe_2O_3 - 9,3; CaO - 9,1; MgO - 6,3; R_2O - 4,9, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: глиниста частина «хвостів» гравітації циркон-ільменітових руд - 70-90; продукт від згоряння андезітобазального шихти виробництва мінеральної вати - 10-30 [23].

Керамічна маса з легкоплавкої глини (70-90%) і відходів «корольок» (10-30%) у вигляді ваграночного шлаку від виробництва мінеральної вати підвищують морозостійкість керамічної цегли [24].

Термостійкість, кислотостійкість та морозостійкість підвищують за рахунок додавання до керамічної маси 55-85% легкоплавкої глини, 10-25% «королька» від виробництва мінеральної вати, 5-20% продуктів очищення димових газів, що відходять від вагранки при виробництві мінеральної вати [25].

Міцність на стиснення підвищують за рахунок бейделітової глини і продуктів очищення димових газів від вагранки при отриманні розплаву виробництва мінеральної вати [26]. Масова частка оксидів: SiO_2 - 15,0%; Al_2O_3 - 7,96%; Fe_2O_3 - 11,1%; CaO - 31,2%; MgO - 7,6%; R_2O - 6,79%; SO_3 - 0,98%.

Відсотковий склад бейделітової глини – 60-80%, продуктів очищення димових газів 20-40%.

У роботі [27] використовують кальці-магнієві відходи «королька» у відношенні 10-30% до 70-90% легкоплавкої глини.

При виробництві мінеральних добрив утворюються кальціємісні відходи, які у відсотковій масі 2-9% додаються до легкоплавкої глини для виготовлення керамічної маси [28].

Аналіз літературних джерел показав, що дані щодо дослідження керамічної цегли на морозостійкість, теплопровідність, пожежобезпеку та вогнетривкість є у вільному доступі, зокрема протоколи досліджень та сертифікати відповідності. Наявні дані про проходження електромагнітних хвиль через цеглову кладку різної товщини, проте цих даних недостатньо. Існує потреба детального вивчення цієї проблеми.

Дані щодо властивостей та характеристик мінеральної вати є доступними та підтверджуються відповідними сертифікатами якості. Відсутні дані про використання мінеральної вати для захисту від електромагнітних полів.

Після проведення аналізу вітчизняних і зарубіжних джерел виявлено, що дослідження теплофізичних властивостей керамічного блоку є доцільним, а запропонована ідея виготовлення суміші глини (65%) і відходів виробництва мінеральної вати (35%) є новою і підлягає патентуванню.

1.2 Аналіз ринку будівельних матеріалів за період 2011- 2018 роки

Виробництво будівельних матеріалів є однією з найважливіших галузей економіки України. Розміщення потужностей виробництва ґрунтується на близькості до джерел сировини. Підприємства рівномірно розміщені по країні.

Виробництво будівельних матеріалів можна поділити на наступні галузі:

- цементна;
- цегляна;

- залізобетонна і бетонна;
- галузь теплоізоляційних та нерудних будівельних матеріалів.

Українська промисловість будівельних матеріалів спроможна майже повністю себе забезпечити, оскільки такі основні компоненти як цегла, бетон, пінобетон, піногазобетон, щебінь, арматура, скло, кабелі, труби, електричне і навіть ліфтове обладнання виробляються у межах країни.

1.2.1 Аналіз ринку цегли

Імпорт будівельних матеріалів різко скоротився у 2014 році, що пов'язано з політичною ситуацією. Постійне зростання курсу іноземної валюти призвело до неспроможності українського споживача купувати імпортні товари. Це призвело до посилення вітчизняного виробництва будівельних матеріалів.

За даними державної статистики України експорт будівельних матеріалів із глини становить 28,8% від загального обсягу даної реалізованої продукції [29].

За період січень-жовтень 2018 вироблено 1502 тис.м³ невогнетривкої керамічної будівельної цегли.

З метою забезпечення виконання вимог Закону України "Про державну статистику" щодо конфіденційності статистичної інформації не оприлюднено дані щодо експорту наступних товарів:

- керамічні плитки і плити;
- цегла;
- черепиця;
- будівельні вироби із випаленої глини

Дані про обсяг реалізації деяких глиняних виробів занесені до табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Обсяг реалізованих будівельних матеріалів за січень-вересень 2018р.

Промисловість	Обсяг реалізованої промислової продукції (товарів, послуг) без ПДВ та акцизу		З нього обсяг продукції, реалізованої за межі країни	
	млн.грн	у % до всієї реалізованої продукції	млн.грн	у % до обсягу реалізованої продукції
Вогнетривкі вироби	2995,6	0,2	371,2	12,4
Будівельні матеріали з глини	5713,0	0,3	1643,1	28,8
Керамічні плитки	4215,9	0,2	-	-
Цегла, черепиця та ін. будівельні вироби з випаленої глини	1497,1	0,1	-	-

Ринок будівельних матеріалів відображає загальну картину будівельного сектору у країні.

У 2017 році ринок будівельних матеріалів зазнав піднесення. У зв'язку з введенням нових норм будівництва вартість житла підвищується, що призводить до падіння попиту та зниження кількості нових побудов.

За перше півріччя 2018 року вартість житла зросла в середньому на 10%. Відповідно знижується потреба у виробництві будівельних матеріалів, зокрема керамічної цегли (на початку 2018 року спостерігалася тенденція до зниження виробництва на 7%).

На офіційному сайті Державної фіскальної служби України [30] розміщені дані про імпорт/експорт цегли будівельної та блоків для підлоги (код УКТЗЕД 6904) та занесені до табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Сумарний обсяг імпорту та експорту цегли будівельної та блоків для підлоги у розрізі товарних позицій

Роки	Імпорт, тис.дол. США	Експорт, тис.дол. США	Сальдо	Імпорт, т	Експорт, т
2011	9070	13377	4307	56186	88444
2012	9585	17179	7594	58651	101463
2013	10189	23604	13415	59233	136662
2014	6358	17298	10940	43895	108923
2015	5711	9081	3370	58382	75157
2016	5418	4568	-850	60569	47531
2017	5315	5528	213	53552	55727
2018	5904	5274	-630	51246	50180

Виходячи з даних таблиці 1.2 побудовано графік (рис. 1.1), на якому показано динаміку імпорту та експорту будівельних матеріалів.

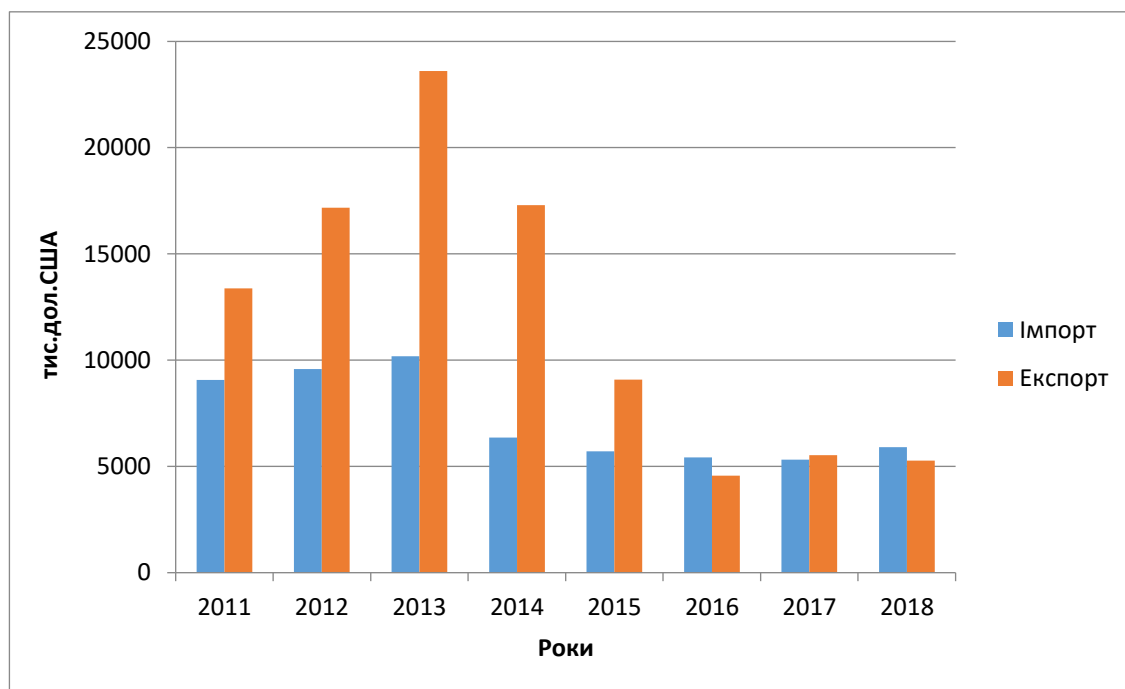


Рисунок 1.1 – Імпорт/експорт цегли будівельної та блоків для підлоги

Розраховано сальдо експорту та імпорту за цей період, побудовано графік (рис. 1.2).

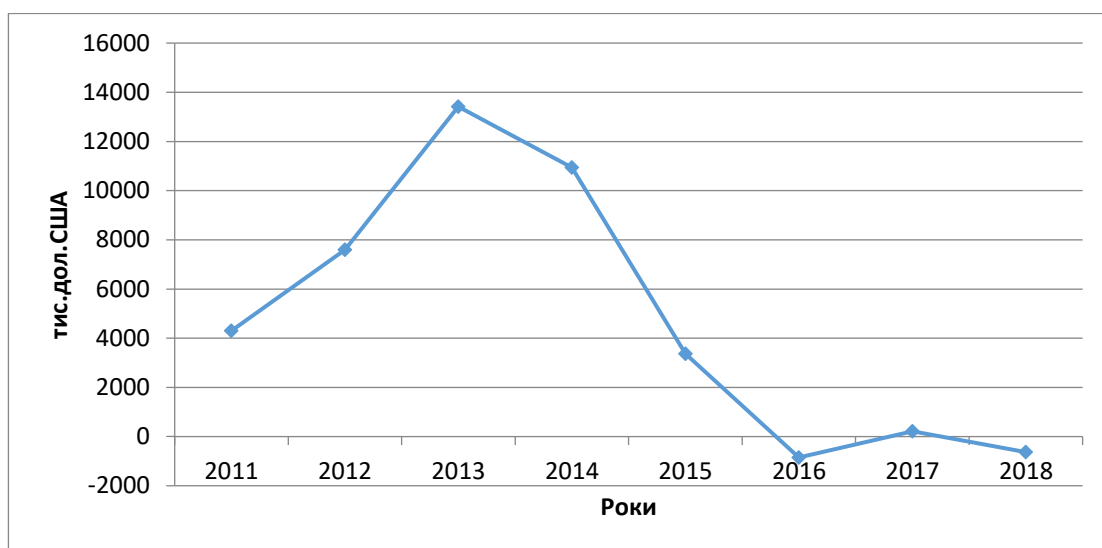


Рисунок 1.2 – Сальдо експорту і імпорту цегли будівельної та блоків для підлоги

Як видно з рис.1.1, 1.2, експорт вітчизняної цегли та блоків для підлоги значно перевищував імпорт до 2015 року. У 2016 та період січень-жовтень 2018 року імпорт цих будівельних матеріалів перевищував експорт.

Виробництво вогнетривкої цегли не зазнало такого падіння, оскільки її використання є більш широким за рахунок таких споживачів як коксохімічна і металургійна промисловість, виробників склопродуктів тощо. Проте протягом періоду січень 2011 – жовтень 2018 маємо негативне сальдо імпорту/експорту вогнетривких будівельних матеріалів з кераміки (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Сумарний обсяг імпорту та експорту вогнетривких будівельних матеріалів з кераміки у розрізі товарних позицій

Роки	Імпорт, тис.дол.	Експорт, тис.дол.	Сальдо, тис.дол.	Імпорт, т	Експорт, т
2011	79582	33290	-46292	61152	72986

Продовження таблиці 1.3

Роки	Імпорт, тис.дол.	Експорт, тис.дол.	Сальдо, тис.дол.	Імпорт, т	Експорт, т
2012	68304	38560	-29744	50568	74478
2013	37484	20866	-16618	27918	41870
2014	42774	15727	-27047	27299	32137
2015	20966	8800	-12166	25978	23108
2016	37915	7935	-29980	28440	23450
2017	29352	15327	-14025	33847	33852
2018	28878	11106	-17772	20175	30028

На рис. 1.3 зображений графік, який висвітлює співвідношення імпорту/експорту вогнетривких будівельних матеріалів з кераміки (код УКТЗЕД 6902) за 2011-2018 роки.

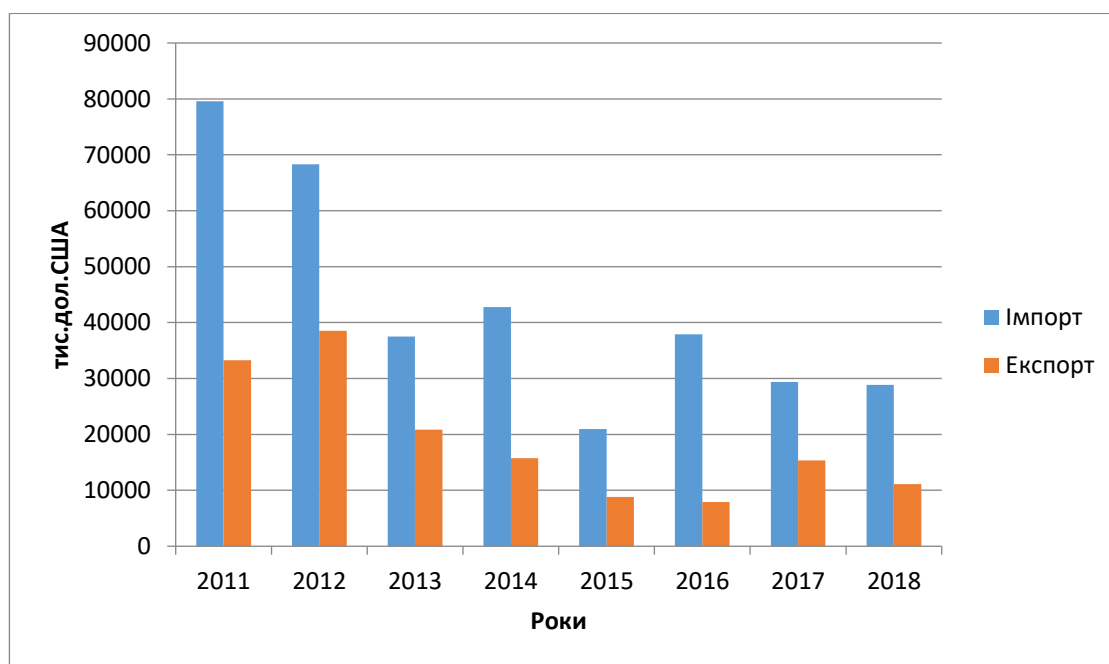


Рисунок 1.3 – Імпорт/експорт вогнетривких будівельних матеріалів з кераміки

Сальдо вогнетривких будівельних матеріалів з кераміки (код УКТЗЕД 6902) за 2011-2018 роки зображено на рис. 1.4.

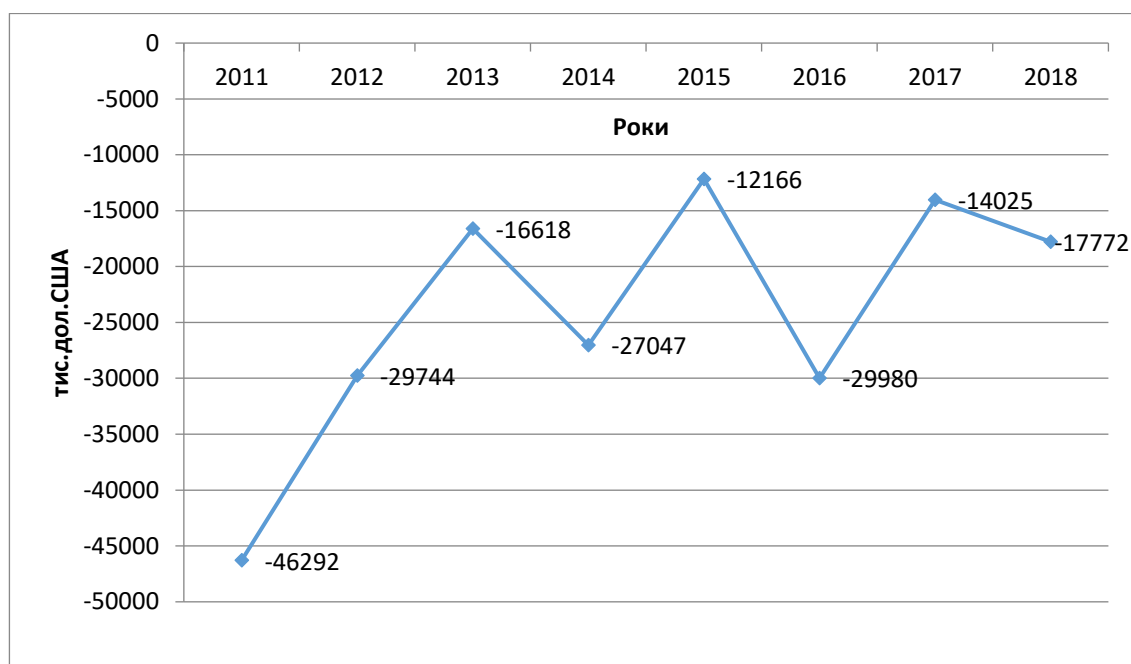


Рисунок 1.4 – Сальдо вогнетривких будівельних матеріалів з кераміки

Виходячи з графіків, можна сказати, що попри непоганий рівень вітчизняних виробників, все ж таки для України характерне від'ємне сальдо вогнетривких будівельних матеріалів з кераміки, що можна пояснити не конкурентоспроможністю підприємств, малим обсягом виробництва, недостатньо якісною продукцією (не всі підприємства мають сертифікати та сучасне обладнання) і нестабільністю в економічно-політичній сфері країни, що відповідно викликає недовіру та страх ризику у зарубіжних замовників.

Не дивлячись на переваги силікатної цегли, керамічна цегла залишається беззаперечним лідером серед будівельних матеріалів при зведенні стін. Її частка складає 48% у 2017 році. При цьому на ринку присутні матеріали-конкуренти, що мають деякі переваги, наприклад, газобетон, пінобетон, залізобетонні конструкції.

Кількість підприємств, які займаються виробництвом будівельних матеріалів із глини, складає 451 на 2017 рік. З них найбільше за кількістю знаходяться у Вінницькій, Житомирській, Запорізькій, Київській, Полтавській, Сумській, Чернігівській і Черкаській областях. Найбільші за потужністю заводи – ПАТ «Слобожанська будівельна кераміка», ООО «Керамейя» (Суми), ТМ «Євротон» (Луцьк), ТОВ «Білоцерківські будматеріали».

1.2.2 Аналіз ринку мінеральної вати

Для утеплення фасадів в Україні використовують полістирол та мінеральну вату. На долю останньої приходить майже 65%. Найпопулярніші представники мінераловатної продукції на вітчизняному ринку:

- Техноніколь;
- Knauf Insulation;
- Rockwool (Київ);
- Isover;
- Izovat (Житомир);
- Термолайф (Харків).

Офіційні дані Державної фіскальної служби України щодо імпорту/експорту шлаковата, мінеральної вати; виробів з тепло -, звукоізоляційних матеріалів (код позиції 6806) наведені у табл. 1.4 [30].

Таблиця 1.4 – Сумарний обсяг імпорту та експорту шлаковата, мінеральної вати; виробів з тепло -, звукоізоляційних матеріалів у розрізі товарних позицій

Роки	Імпорт, тис.дол.	Експорт, тис.дол.	Сальдо	Імпорт, т	Експорт, т
2011	49134	26320	-22814	48008	40806
2012	48454	29069	-19385	56514	48281

Продовження таблиці 1.4

Роки	Імпорт, тис.дол.	Експорт, тис.дол.	Сальдо	Імпорт, т	Експорт, т
2013	57882	39559	-18323	66309	64580
2014	30232	37643	7411	40795	68393
2015	16101	18618	2517	26158	42047
2016	19625	18682	-943	37226	40375
2017	28123	20329	-7794	54436	41619
2018	36475	21831	-14644	60876	36587

На основі таблиці 1.4 побудовано два графіки, що ілюструють динаміку імпорту та експорту мінеральної вати протягом 2011-2018 років – рис.1.5 і 1.6 відповідно.

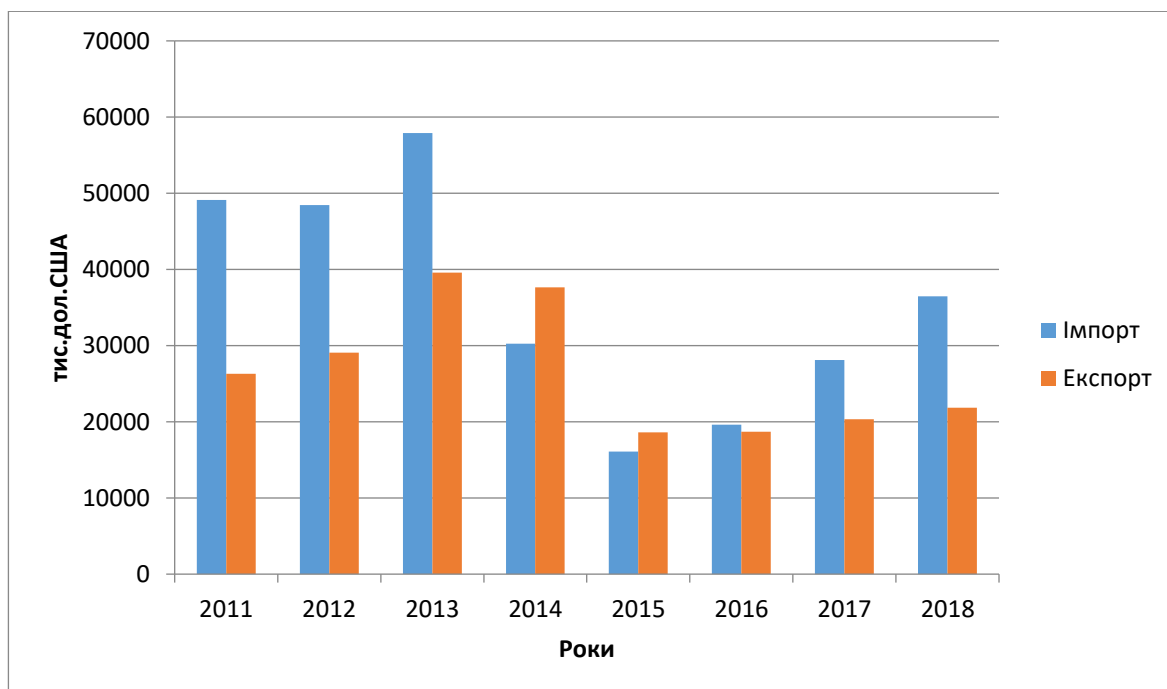


Рисунок 1.5 – Імпорт/експорт шлаковати, мінеральної вати; виробів з тепло -, звукоізоляційних матеріалів

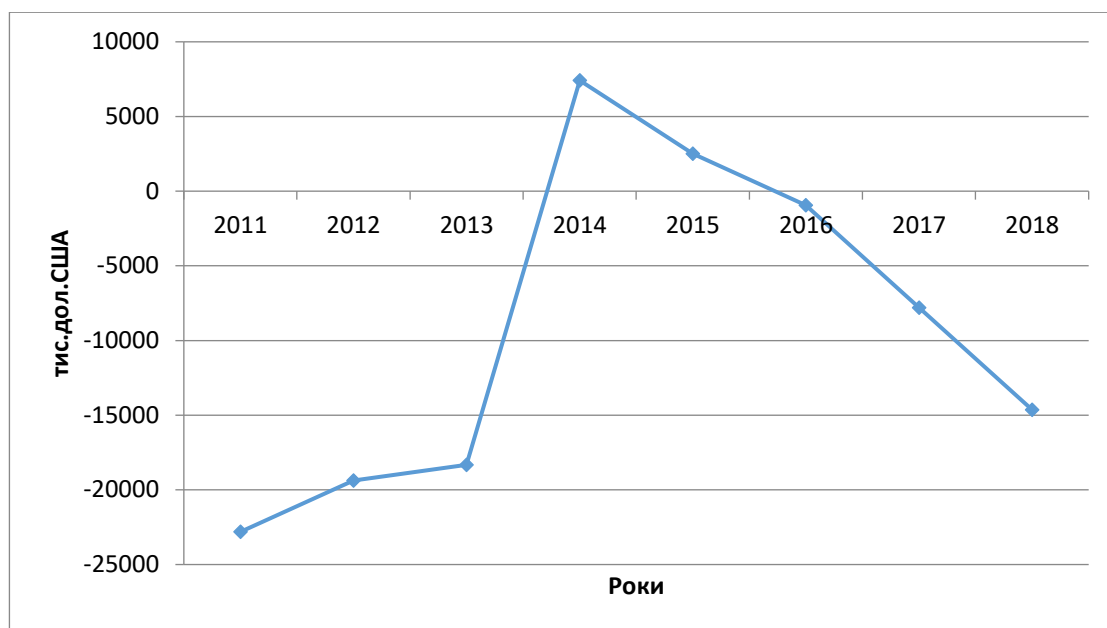


Рисунок 1.6 – Сальдо шлаковати, мінеральної вати; виробів з тепло -, звукоізоляційних матеріалів

З табличних і графічних даних випливає, що додатне сальдо було у 2014 і 2015 роках, надалі існує тенденція до збільшення імпорту та скорочення експорту.

1.3 Сучасні тенденції будівництва будинків

Для всіх типів будівель (приватні, багатоповерхові, промислові) використовують силікатну або керамічну цеглу. Для заміських будинків існує набагато більше варіантів – керамоблоки, газобетонні блоки, піноблоки, деревина, каркасні конструкції.

1.3.1 Цегла

Використання цегли відомо ще з X століття. Цей матеріал є традиційним та не втрачає популярності не дивлячись на нові альтернативні будівельні матеріали. Це пояснюється технічними характеристиками, властивостями,

легкістю виробництва, дешевизною сировини та доступністю. Цегла буває різних типів: за складом – керамічна і силікатна, за заповненням – повнотіла і пустотіла, за метою використання – будівельна і фасадна, за розмірами – одинарна, полуторна, подвійна.

Спільними перевагами для всіх типів цегли є міцність, морозостійкість, екологічність, великий термін експлуатації, високий рівень звукоізоляції, точність геометричних розмірів, стійкість до корозії, плісняви, грибків. Недолік – великий термін будівництва, необхідність утеплення за допомогою теплоізолюючих матеріалів.

Перевагами силікатної цегли (порівняно з керамічною) є більш висока міцність, низька ціна (майже вдвічі), привабливий зовнішній вигляд, можливість фарбування у будь-який колір.

Недоліками є низька термостійкість (до 550°C), що не дозволяє використовувати для камінів, печей; високе водопоглинання – не можна будувати фундамент, підвал, цокольну частину, колодці.

Перевагами керамічної цегли є висока термостійкість (до 1000°C), низьке водопоглинання. Недолік – більша вартість.

1.3.2 Деревина

Вважається одним з найбільш екологічних матеріалів за рахунок природного походження. Однак питання вирубки лісів стає протипоставленням в екологічності використання даного будівельного матеріалу.

Переваги: набагато вищі теплоізоляційні показники (порівняно з цеглою), забезпечується «дихання» стін, сприятливий мікроклімат приміщення, оптимальне відношення температури та вологості повітря.

Недоліки: легко займається, необхідний великий термін для осадження брусків, піддається гниттю, розмноженню грибків і комах. Для усунення

недоліків використовують різноманітні хімічні засоби, що можуть негативно впливати на здоров'я людини.

1.3.3 Газоблоки і газобетон

Відносно нові будівельні матеріали, що широко використовуються за рахунок дешевизни і простоти будівництва, яке займає на 60% менше часу, ніж цегла. Переваги: висока міцність, мала маса, низька ціна, негорючість, морозостійкість, високі теплоізоляційні властивості. Недолік – неестетичність, виникнення тріщин.

Узагальнені характеристики основних будівельних матеріалів занесені до табл. 1.5 [31].

Таблиця 1.5 – Характеристики будівельних матеріалів

Характеристика	Деревина	Газобетон	Піноблок	Цегла
Межа міцності при стисненні, кг/см ²	385-440	15-30	15-30	100-200
Водопоглинання, %	23-30	30	14	12
Теплопровідність, Вт/м·°С	0,15-0,4	0,1-0,3	0,45	0,6-0,95
Термін експлуатації, роки	50-100	30-70	30-70	100+

Як видно з таблиці 1.5, ідеального будівельного матеріалу не існує, оскільки неможливо оптимізувати всі параметри. При великому терміні експлуатації, низькому рівні водопоглинання цегла має високу теплопровідність, що зобов'язує виконувати роботи з утеплення стін.

Саме тому поставлено задачу створення нового складу цегли з додаванням мінеральної вати для покращення теплоізоляційних властивостей.

1.4 Властивості і характеристики будівельних матеріалів

1.4.1 Властивості і характеристики керамічної цегли

1. Щільність (густина) залежить від фракційного складу сировини, різновиду і пористості будівельної цегли. Щільність керамічної цегли складає від 1000 кг/м³ (пустотіла цегла) до 2100 кг/м³ (клінкерна цегла).

2. Пористість – це показник заповнення цегли порами у відсотках. Для утворення пор до глини додають різні добавки: тирса, торф, вугілля, подрібнену соломку. При випалюванні цегли ці добавки формують пори. Найменша пористість у клінкерної цегли (5%), найбільша в облицювальної (14%). Пористість впливає на інші властивості цегли – морозостійкість, теплопровідність, міцність.

3. Морозостійкість – здатність цегли витримувати заморожування і відтаювання у воді без руйнування та пошкоджень (злушення, розшарування, викришування). Позначається «F». Існуючі марки цегли: F15, F25, F35, F50, F75, F100. Морозостійкість клінкерної цегли F50 і F100, облицювальної цегли F25 і F75, шамотної цегли – F15 і F50.

4. Міцність – здатність цегли протистояти деформаціям і руйнуванням, які виникають ззовні і спричиняють внутрішню напругу у цеглі. Характеризується межею міцності при стисненні, розтягуванні і згині. Основні марки міцності: M50, M75, M100, M125, M150, M175, M200, M250, M300. Чим вища поверховість будівлі, тим вища марка міцності потрібна. Міцність шамотної цегли M75-250, облицювальної M75-30, клінкерної M400-1000.

5. Водопоглинання – здатність поглинати і утримувати вологу. Згідно з ДСТУ Б В.2.7-61:2008 водопоглинання виробів повинно бути не менше 6% для пустотілої цегли і 8% для повнотілої цегли [32].

6. Теплопровідність – здатність передавати тепло при виникненні різниці температур ззовні і всередині будівлі. Характеризується коефіцієнтом теплопровідності λ , який показує необхідну кількість тепла для зміни температури повітря на 1°C при товщині стіни в 1 м. Залежить від густини,

пористості і пустотілості цегли. Чим менший коефіцієнт теплопровідності, тим кращі теплоізоляційні властивості будівельного матеріалу. Коефіцієнт теплопровідності керамічної цегли знаходиться у межах 0,65-2,4 Вт/м°C [33].

7. Вогнестійкість – здатність протистояти дії високих температур і відкритого вогню. Характеризується часом, який здатна витримати стінка мінімальної товщини до початку руйнування.

8. Звукоізоляція – здатність гасити акустичні коливання у широкому діапазоні частот.

1.4.2 Властивості і характеристики мінеральної вати

1. Щільність (густина) варіюється у межах 35-100 кг/м³.

2. Морозостійкість не регламентується ДСТУ і ДБН, тому у кожного виробника свої показники.

3. Міцність. Міцність на стиснення зростає з ростом кількості вертикально орієнтованих волокон.

4. Водопоглинання. Гідрофобізована вата має показник 6-30% при повному зануренні у воду. Вологість сухого матеріалу – 1%.

5. Теплопровідність залежить від геометрії та орієнтації волокон у просторі. При заданій щільності найбільш ефективним теплоізолятором є мінеральна вата з хаотично розташованими та орієнтованими волокнами. За теплопровідністю мінеральна вата поступається тільки матеріалам з пінополістиролу.

6. Вогнестійкість. Матеріал відносить до негорючих і застосовується для ізоляції поверхонь з температурою до 400°C. Волокна мінеральної вати починають плавитися після 120 хвилин дії температури 1000°C.

7. Звукоізоляція. Коефіцієнт звукопоглинання спеціальних акустичних плит з мінеральної вати складає 0,7-0,9 [34].

У табл.1.6 наведені спільні характеристики та значення для керамічної цегли і мінеральної вати.

Таблиця 1.6 – Характеристики будівельних матеріалів

№ з/п	Характеристика	Керамічна цегла	Мінеральна вата
1.	Густина (щільність), кг/м ³	1000-2100	35-100
2.	Міцність, МПа	50-300	0,1
3.	Водопоглинання, %	6	6-30
4.	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м°C	0,65-2,4	0,044
5.	Вогнестійкість, год	0,75	2

1.4.3 Властивості і характеристики відходів виробництва мінеральної вати

Різновидами мінеральної вати є:

- скловата;
- шлаковата;
- кам'яна вата.

Скловата виготовляється з розплаву скла; шлаковата – з розплаву доменного шлаку; кам'яна – з розплаву гірських порід.

Під час виготовлення мінеральної вати утворюються наступні відходи: «корольок» (рис. 1.7) і продукти очищення димових газів від вагранки при отриманні розплаву при виробництві мінеральної вати (ВВР мінвати) [35].

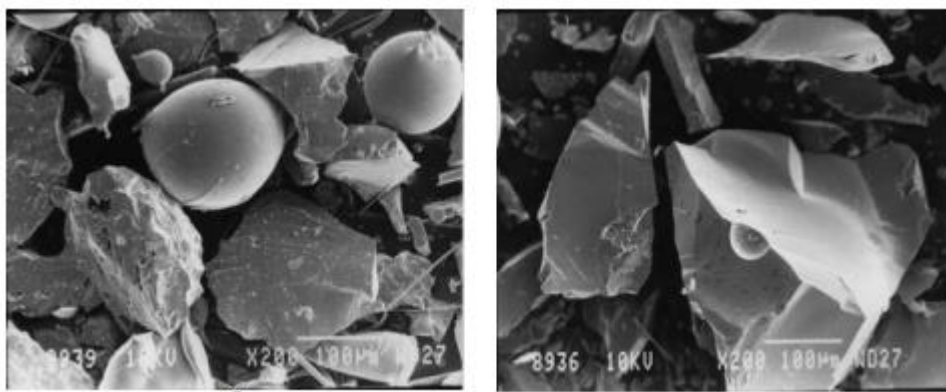


Рисунок 1.7 – Мікроснімки «королька»

«Корольок» – краплі розплаву, які не встигли витягнутися у нитки і прийняли сферичні та інші форми. Продукт очищення димових газів є відходом і відділяється у спеціальні приймачі. Вміст оксидів у перелічених відходах наведено у табл. 1.7 [36].

Таблиця 1.7 – Вміст оксидів у відходах мінераловатного виробництва

Компонент	Вміст, %						
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	R_2O	So_3
«Корольок»	43,2	7,3	23,6	14,6	7,72	2,79	0,9
Продукт очищення димових газів	15,3	7,98	31,2	7,6	10,6	7,79	0,98

Утворені відходи при виробництві мінеральної вати необхідно утилізувати, що можливо двома способами:

- 1) повернення відходів у виробництво у якості вторинної сировини;
- 2) отримання теплоізоляційних матеріалів на їх основі.

У роботі розглянуто можливість додавання «королька» до керамічної маси для випалювання будівельних блоків.

1.4.4 Огляд існуючої технології виробництва керамічної цегли з мінераловатним наповнювачем

На сьогоднішній день керамічна цегла найбільш відомого австрійського виробника Wienerberger з пустотами для заповнення мінеральною ватою випускається на 198 заводах у 30 країнах світу, у тому числі в Україні за адресою: м. Київ, вул. Крайня 1.

Керамічні блоки Wienerberger без та з наповненням мінеральною ватою використовують для пасивних, енергоефективних та енергоощадних будинків і зображені на рис. 1.8 [20]. Такі керамічні блоки характеризуються високими теплоізоляційними показниками (найвищий опір теплопередачі складає $6,68 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$), середніми показником міцності M75, коротким часом зведення стін за рахунок крупноформатних розмірів.

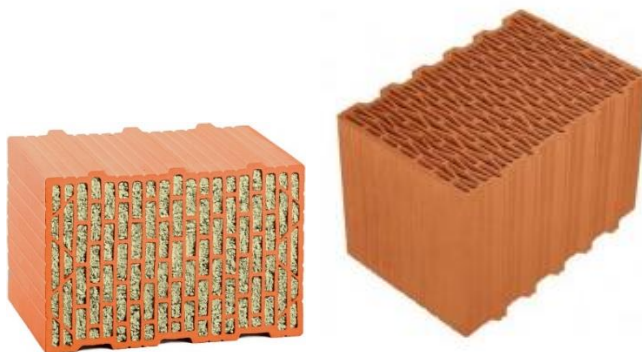


Рисунок 1.8 – Зовнішній вигляд керамічних блоків з та без мінеральної вати

Процес заповнення керамічних блоків мінеральною ватою проходить на установці, що зображена на рис. 1.9.



Рисунок 1.9 – Установка для заповнення керамічних блоків мінеральною ватою

Керамічні блоки з мінераловатним заповненням випускаються міцністю М75. Розміри 500*248*249 мм. Випускають 8 різновидів, які відрізняються опором теплопередачі (рис.1. 10).

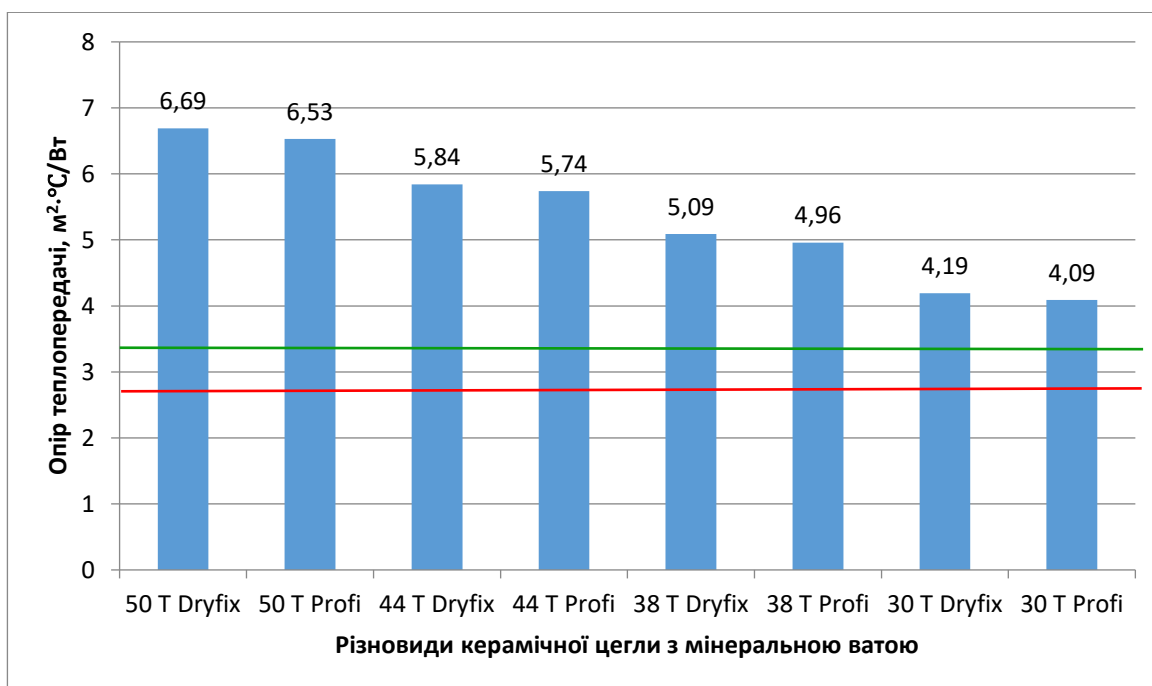


Рисунок 1.10 – Опори теплопередачі для керамічних блоків Porotherm T

Згідно з Державними будівельними нормами України ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель» [37] опір теплопередачі має бути не нижчим за 2,8

$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ для півдня країни та Закарпаття, $3,3 \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ для інших територій (відповідно червона та зелена лінії на графіку).

З рисунку 1.10 видно, що всі блоки Porotherm T задовольняють і значно перевищують стандарти, отже, можуть бути використані у будівництві.

Висновки до розділу 1

Проаналізовано український ринок будівельних матеріалів. Наведено табличні і графічні дані з імпорту/експорту перелічених будівельних матеріалів. Описано сучасні тенденції будівництва. Визначено, що попри поширеність нових матеріалів (піноблоки, газоблоки), керамічна цегла залишається одним із лідерів, не дивлячись на високу вартість.

Існуюча технологія виробництва енергоефективної керамічної цегли полягає у виготовленні блоків з пустотами, що після формування заповнюються мінеральною ватою. Висунуто гіпотезу, що за такої технології виробництва керамічна цегла матиме гірші міцнісні, морозостійкі та теплоізоляційні властивості у порівнянні з цеглою, яка випалюється з суміші, у склад якої входить мінеральна вата або відходи її виробництва.

2 ТЕПЛОВЕ ПОЛЕ У БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ

Для оцінки теплоізоляційних властивостей будівельних матеріалів необхідно знати основні фізичні властивості та одиниці вимірювання.

2.1 Основні фізичні величини теплового захисту

1. Кількість тепла – кількість енергії, яку може віддати або прийняти тіла при тепловому потоці Q (Вт) за 1 секунду [Дж] або [Вт·с].

2. Теплопровідність λ [Вт/м·°C] детально описана у першому розділі.

Чим більше λ , тим більша теплопровідність і гірша теплоізоляція. Теплопровідність залежить від:

- щільності матеріалу (матеріали з малою щільністю мають багато повітряних пор, які покращують теплоізоляційні властивості – λ повітря складає 0,02 Вт/м·°C;
- види величини і розподілення пор (сферичні пори кращі, ніж продовгуваті; більше малих пор краще, ніж мало великих);
- вологовміст матеріалу (залежить від структури матеріалу, положення в конструкції, кліматичної дії) [33].

3. Коефіцієнт теплопередачі Λ показує яка кількість тепла (Вт·с) проходить через 1м² однорідної конструкції товщиною d (в м) за секнду при різниці температур в 1°C [Вт/м²·°C].

4. Опір теплопередачі використовується для оцінки наскільки великий опір пропусканню тепла. [м²·°C/Вт].

Основними величинами, якими користуються для характеристики будівельних матеріалів, є теплопровідність і опір теплопередачі.

2.2 Методика досліджень

Проведення досліджень виконується за протоколом визначення теплопровідності [38].

Методи дослідження. Основані на створенні у конструкції умов стаціонарного теплообміну і вимірювання температури зовнішнього і внутрішнього повітря, температури поверхні конструкції, а також густини теплового потоку, що проходить через неї, завдяки яким обчислюються відповідні шукані величини.

Опір теплопередачі конструкції визначають при дослідях у лабораторних умовах у кліматичних камерах, у яких з двох сторін досліджуваного фрагменту створюють волого-температурний режим, близький до розрахункових зимових умов експлуатації, або в натурних умовах експлуатації будівель у зимній період.

Прилади дослідження. Для визначення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій у лабораторних умовах використано теплоізоляційна кліматична камера, яка складається з холодного відсіку, в отвір якого вмонтовано досліджуваний фрагмент, і приставного теплового відсіку (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Кліматична камера КТВ-М

Для комплектації кліматичної камери використано компресори холодопродуктивністю 3,5 кВт, що установлені поза камерою, охолоджуючі батареї холодильних установок, що установлені всередині холодного відсіку для охолодження повітря у ньому і регулятори температури для автоматичної підтримки заданої температури повітря у камері.

Для вимірювання температур у якості первинних перетворювачів застосовано мідно-константові термоелектричні перетворювачі (рис. 3.2). У якості вторинних вимірювальних приладів використано мілівольтметр.



Рисунок 2.2 – Термоелектричні перетворювачі

Для вимірювання густини теплових потоків, що проходять через огорожуючу конструкцію, використано тепловіри (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Тепловір ИТП МГ4 Поток

Для вимірювання температури і відносної вологості повітря використано скляні термометри розширення і гігроскоп психометричний (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Термометр і гігроскоп психометричний ВІТ-2

Для визначення вологості матеріалів огорожуючих конструкцій застосовано скляні посудини типу СВ, сушильну електрошафу, лабораторні еталонні ваги з найбільшою межею зважування 200 г, ексикатори, аналізатор вологості МА-30-000V3 німецького виробника Startorius.

Методика проведення досліджень. В отвір холодного відсіку вмонтовано досліджуваний фрагмент шириною в один камінь.

Первинні перетворювачі температур установлені з двох сторін огорожуючої конструкції. Вимірювання теплових потоків проведено шляхом внутрішньої (теплої) сторони огорожуючих конструкцій. Для визначення опору теплопередачі частини огорожуючої конструкції, рівномірної за температурою поверхні R_0 , перетворювачі температур і теплових потоків встановлено не менше ніж у двох характерних перетинах з однаковим проектним рішенням. Для визначення опору термодатчики розташовано у центрі термічно однорідних зон керамічного каменю.

Перед установкою перетворювачів теплового потоку ділянки поверхні огорожуючих конструкцій зачищено до усунення видимих і відчутних на дотик шорсткостей. Перетворювач щільно притиснуто по всій його поверхні до огорожуючої конструкції і закріплено у цьому положенні, забезпечуючи постійний контакт перетворювача теплового потоку з поверхнею досліджуваних

ділянок протягом наступних вимірювань. При кріпленні перетворювача між ним і огорожуючою конструкцією не допускається утворення повітряних проміжків.

Замір густини теплових потоків, що проходять через фрагмент стіни, проведено після установки стаціонарного режиму теплообміну, що визначається установленням різниці температур на поверхнях стіни і густини теплового потоку. Теплотехнічні параметри фіксували з інтервалом 1 година.

У кінці досліджень визначено вологість матеріалів досліджуваних огорожуючих конструкцій. Проби відібрано шлямбуром зі стін на висоті 1,0-1,5 м від рівня підлоги. Проби укладено у бюкси і зважено на аналітичних вагах у день їх взяття. Розташування датчиків теплового потоку показано на рис. 2.5.

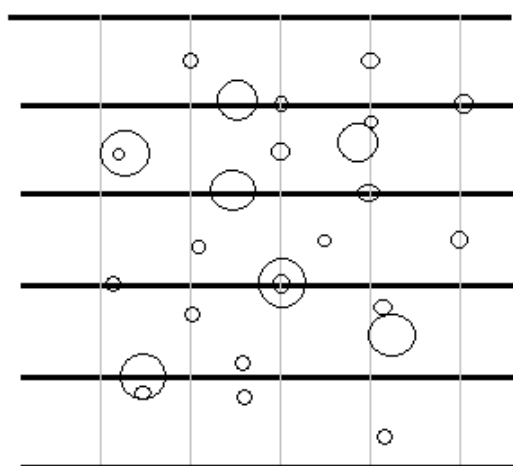


Рисунок 2.5 – Вид фрагменту стіни з теплової сторони, охопленої тепловими датчиками

Опрацювання результатів

Для кожної термопари визначають середньоарифметичне значення показань за період спостереження. Різниця температур на поверхнях стіни визначають як різницю середньозважених значень температур поверхонь стіни (тепла і холодна):

$$\Delta t = t_T - t_x, ^\circ\text{C} \quad (2.1)$$

За допомогою тепломіра знімають значення показів густини теплового потоку q , Вт/м².

За результатами досліджень визначають наведений термічний опір кладки R при фактичній вологості під час дослідження:

$$R = \frac{\Delta t}{q} \text{ або } R = \frac{\delta}{\lambda_0}, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad (2.2)$$

За значенням R визначають коефіцієнт теплопровідності кладки $\lambda_{\text{екв}}$ при фактичному значенні її вологості ω :

$$\lambda_{\text{екв}} = \frac{\delta}{R}, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}} \quad (2.3)$$

де δ – товщина кладки, м.

Проводять аналогічні випробування фрагменту стіни при іншому значенні вологості кладки.

Визначають зміну значення $\lambda_{\text{екв}}$ при різних значеннях вологості:

$$\Delta\lambda_{\text{екв}} = \frac{(\lambda_{\text{екв}1} - \lambda_{\text{екв}2})}{\omega_1 - \omega_2} \quad (2.4)$$

Коефіцієнт теплопровідності кладки у сухому стані визначається:

$$\lambda_0 = \lambda_{\text{екв}}(\omega) - \omega \cdot \Delta\lambda_{\text{екв}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}} \quad (2.5)$$

Коефіцієнт теплопровідності кладки для конкретних умов експлуатації розраховують за значеннями коефіцієнтів теплопровідності $\lambda_{\text{екв}}$:

$$\lambda_{A(B)} = \lambda_0 - \omega_{A(B)} \cdot \Delta\lambda_{\text{екв}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{С}} \quad (2.6)$$

2.3 Результати досліджень

Усі зразки незалежно від вмісту мінеральної вати мають розмір: довжина 500 мм, ширина 248 мм, висота 249 мм. Товщина кладки складає 500 мм.

Для визначення найефективніших теплоізоляційних характеристик обрано керамічні суміші з різним вмістом відходів мінераловатного виробництва: 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%.

Розрахунок коефіцієнту теплопровідності і опору теплопередачі керамічного блоку з 20% вмістом відходів мінеральної вати.

Дані вимірювання занесені до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Дані вимірювання параметрів блоку з 20% вмістом мінеральної вати

$\omega_1=1,0\%$			$\omega_2=0,6\%$		
$t_{\text{т1}}, ^\circ\text{С}$	$t_{\text{х1}}, ^\circ\text{С}$	$q_1, \text{Вт/м}^2$	$t_{\text{т2}}, ^\circ\text{С}$	$t_{\text{х2}}, ^\circ\text{С}$	$q_2, \text{Вт/м}^2$
17,9	-21,3	10,98	18,0	-21,6	10,73

Для вологовмісту $\omega_1=1,0\%$

1) Різниця температур на поверхнях стіни визначають за формулою (2.1):

$$\Delta t_1 = t_{\text{т1}} - t_{\text{х1}} = 17,9 - (-21,3) = 39,2 ^\circ\text{С}.$$

2) Опір теплопередачі визначають за формулою (2.2):

$$R_1 = \frac{\Delta t_1}{q_1} = \frac{39,2}{10,98} = 3,571 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}.$$

3) Коефіцієнт теплопровідності кладки $\lambda_{\text{екв}}$ при фактичному значенні її вологості ω визначають за формулою (2.3):

$$\lambda_{\text{екв1}} = \frac{\delta}{R_1} = \frac{0,5}{3,571} = 0,14 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Для вологовмісту $\omega_1=0,6\%$

1) Різниця температур на поверхнях стіни визначають за формулою (2.1):

$$\Delta t_2 = t_{\text{т2}} - t_{\text{х2}} = 18 - (-21,6) = 39,6 ^\circ\text{C}.$$

2) Опір теплопередачі визначають за формулою (2.2):

$$R_2 = \frac{\Delta t_2}{q_2} = \frac{39,6}{10,73} = 3,69 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

3) Коефіцієнт теплопровідності кладки $\lambda_{\text{екв}}$ при фактичному значенні її вологості ω визначають за формулою (2.3):

$$\lambda_{\text{екв2}} = \frac{\delta}{R_2} = \frac{0,5}{3,69} = 0,135 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

4) Зміна значення $\lambda_{\text{екв}}$ при різних значеннях вологості визначають за формулою (2.4):

$$\Delta \lambda_{\text{екв}} = \frac{(\lambda_{\text{екв1}} - \lambda_{\text{екв2}})}{\omega_1 - \omega_2} = \frac{0,14 - 0,135}{1 - 0,6} = 0,0125.$$

5) Коефіцієнт теплопровідності і опір теплопередачі кладки у сухому стані $\omega_0=0\%$ визначають за формулами (2.5) і (2.2):

$$\lambda_0 = \lambda_{\text{екв}}(\omega) - \omega \cdot \Delta \lambda_{\text{екв}} = 0,14 - 1 \cdot 0,0125 = 0,1275 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$R_0 = \frac{\delta}{\lambda_0} = \frac{0,5}{0,1275} = 3,92 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

6) Коефіцієнт теплопровідності і опір теплопередачі кладки при $\omega_1=1\%$ визначають за формулами (2.6 і 2.2):

$$\lambda_A = \lambda_0 - \omega_A \cdot \Delta\lambda_{\text{екв}} = 0,1275 + 1 \cdot 0,0125 = 0,14 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$R_A = \frac{\delta}{\lambda_A} = \frac{0,5}{0,14} = 3,57 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

7) Коефіцієнт теплопровідності і опір теплопередачі кладки при $\omega_2=1,5\%$ визначають за формулами (2.6 і 2.2):

$$\lambda_B = \lambda_0 - \omega_B \cdot \Delta\lambda_{\text{екв}} = 0,1275 + 1,5 \cdot 0,0125 = 0,146 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$R_B = \frac{\delta}{\lambda_0} = \frac{0,5}{0,146} = 3,42 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Дані розрахунку параметрів блоку з 20% вмістом мінеральної вати занесені до табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахункові дані параметрів блоку з 20% вмістом мінеральної вати

$\omega_0=0\%$		$\omega_1=1\%$		$\omega_2=1,5\%$	
$\lambda_0, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	$R_0, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	$\lambda_A, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	$R_A, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	$\lambda_B, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	$R_B, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$
0,1275	3,92	0,14	3,57	0,146	3,42

Аналогічні розрахунки проведено для коефіцієнту теплопровідності і опору теплопередачі керамічного блоку з різним вмістом відходів мінеральної вати. Теплоізоляційні показники розраховано для різної вологості кладки:

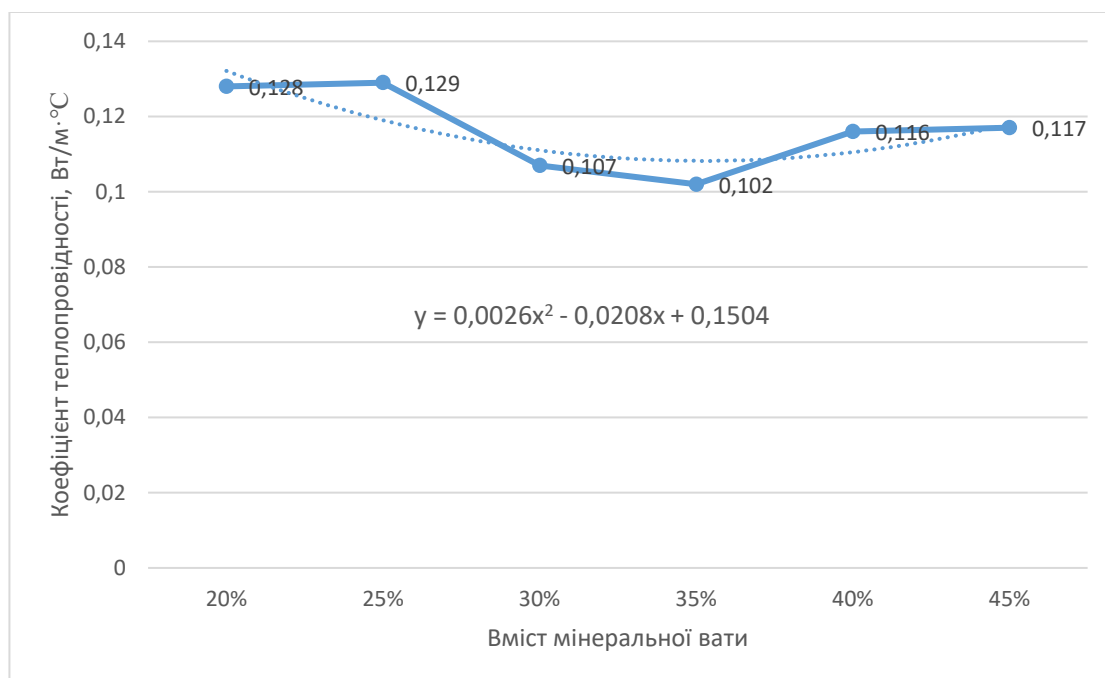
- 1) суха стіна $\omega_0=0\%$;
- 2) зволожена стіна $\omega_1=1\%$;
- 3) зволожена стіна $\omega_2=1,5\%$.

Результати розрахунків для зразків з різним вмістом МВ занесені до табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Зведені розрахункові дані

Вміст ВМВ	$\omega_0=0\%$		$\omega_1=1\%$		$\omega_2=1,5\%$	
	$\lambda_0, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	$R_0, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	$\lambda_A, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	$R_A, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	$\lambda_B, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	$R_B, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$
20%	0,128	3,92	0,14	3,57	0,146	3,42
25%	0,129	3,88	0,134	3,73	0,137	3,65
30%	0,107	4,66	0,119	4,21	0,125	4,0
35%	0,102	4,9	0,107	4,67	0,109	4,59
40%	0,116	4,31	0,12	4,17	0,122	4,11
45%	0,117	4,27	0,132	3,79	0,139	3,6

За даними табл. 2.3 побудовано графіки (рис. 2.6-2.8).



x – вміст мінеральної вати, y – коефіцієнт теплопровідності

Рисунок 2.6 – Залежність коефіцієнту теплопровідності від вмісту ВМВ при сухій кладці $\omega_0=0\%$

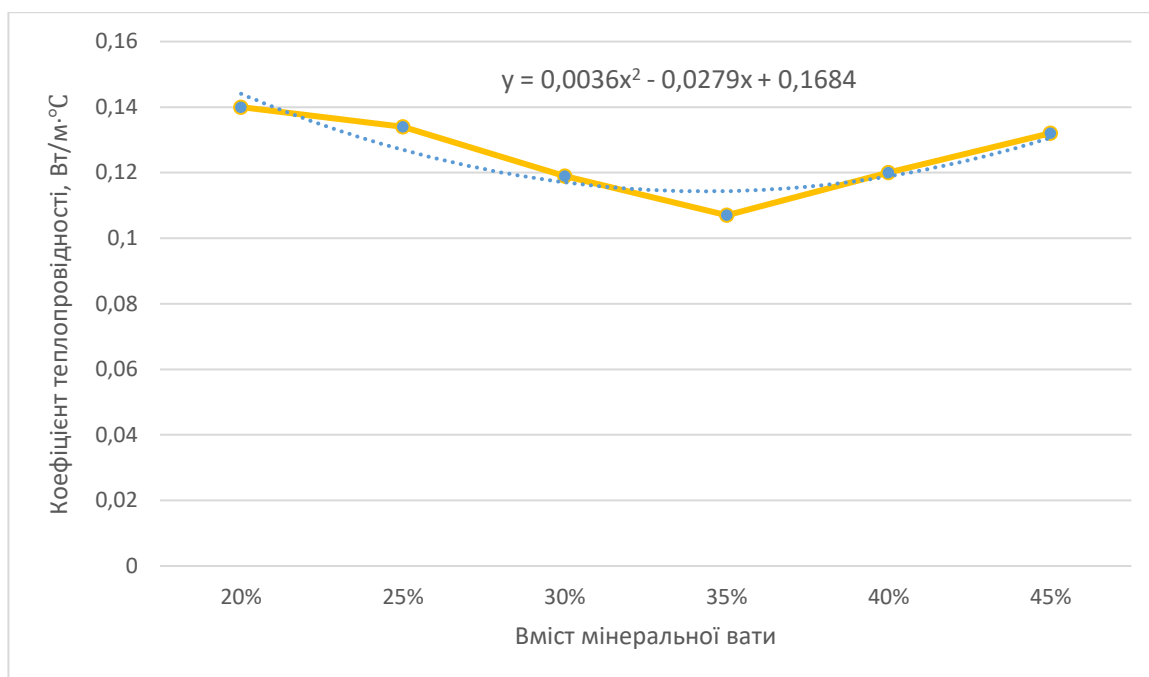


Рисунок 2.7 - Залежність коефіцієнту теплопровідності від вмісту БМВ при сухій кладці $\omega_1 = 1\%$

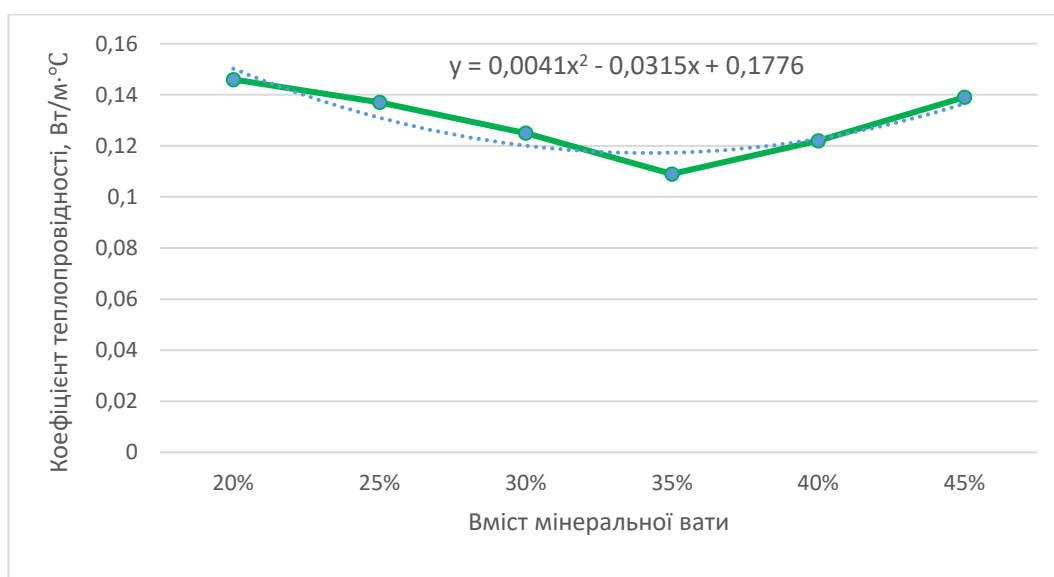


Рисунок 2.8 - Залежність коефіцієнту теплопровідності від вмісту БМВ при сухій кладці $\omega_2 = 1,5\%$

Як видно з рисунків, залежності мають однакову тенденцію зміни. Найменше значення коефіцієнту теплопровідності відповідає 35% вмісту вати. Отже, при такому складі теплоізоляційні властивості будівельного матеріалу є

найвищими. При поєднанні графіків отримано діаграму, що зображена на рис. 2.9.

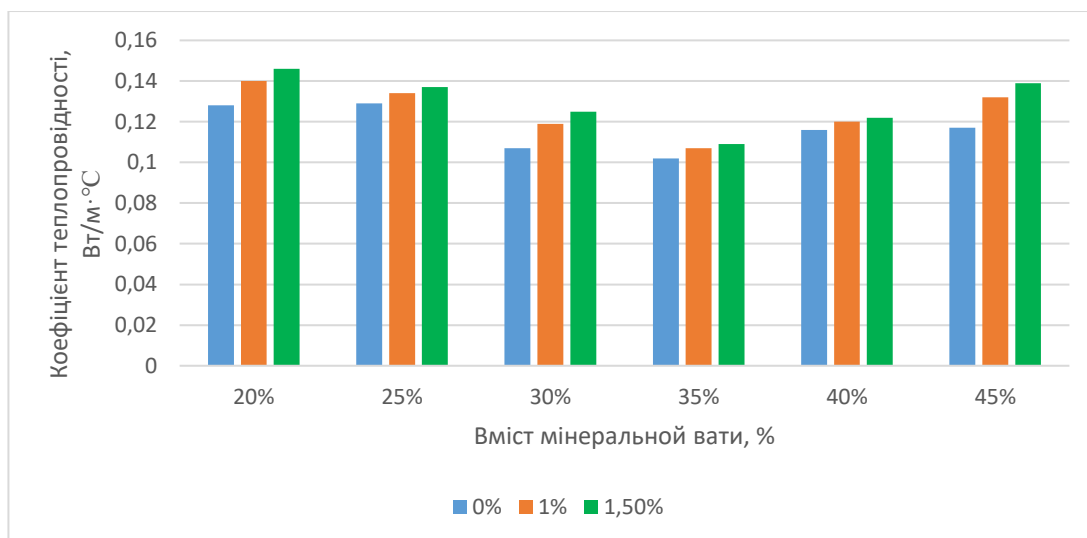
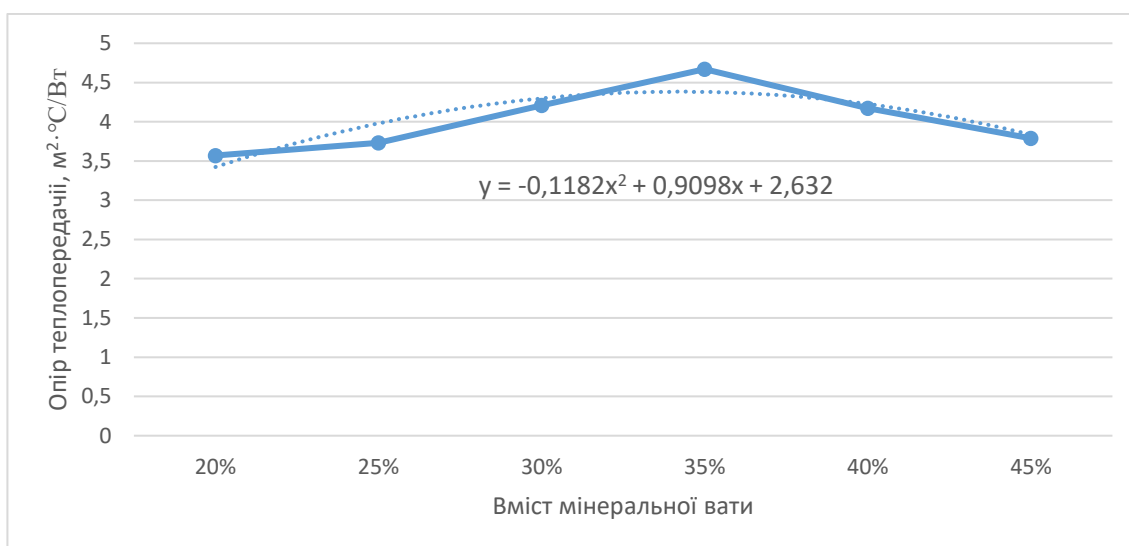


Рисунок 2.9 – Залежність коефіцієнту теплопровідності від вмісту ВМВ і вологості кладки

За результатами розрахунків побудовано залежність опору теплопередачі від вмісту ВМВ, яка наведена на рис. 2.10.



x – вміст мінеральної вати, y – опір теплопередачі

Рисунок 2.10 – Залежність опору теплопередачі від вмісту ВМВ при вологості кладки $\omega_1=1\%$

Виходячи з табл. 2.13 і рис. 2.10 видно, що найбільший опір теплопередачі відповідає 35% вмісту ВМВ.

Графіки залежності опору теплопровідності від вмісту ВМВ при вологості кладки $\omega_0=0\%$ і $\omega_2=1,5\%$ подібні до наведеного, тому побудовано діаграму, що відображає загальну залежність і від вмісту, і від вологості (рис. 2.11).

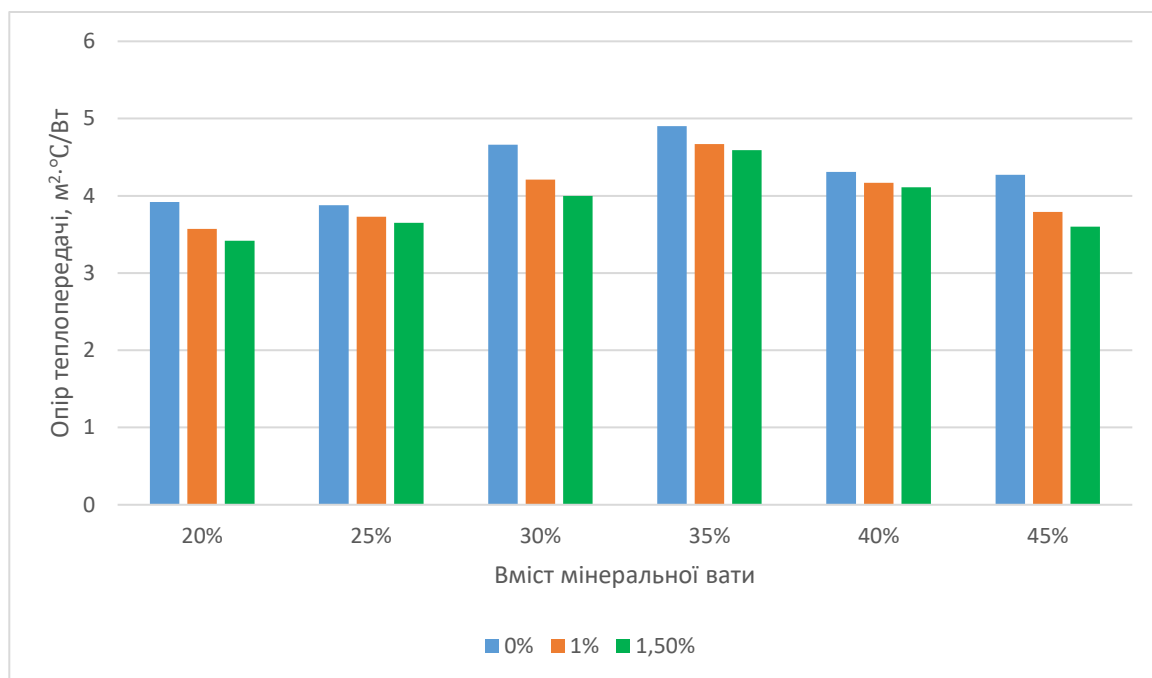


Рисунок 2.11 – Залежність опору теплопередачі від вмісту мінеральної вати і вологості кладки

2.4 Точка роси

Сучасне будівництво має на увазі або застосування «теплых» матеріалів з високим опором теплопровідності або утеплення існуючих будівель.

При виконанні робіт з утеплення будинку з використанням будь-якого теплоізоляційного матеріалу (мінеральна вата або пінопласт) проводять розрахунки з визначення точки роси.

Точка роси – це температура, за якої утворюється конденсат, тобто пара перетворюється у воду. Залежить від температури і вологості повітря. За цими параметрами за допомогою таблиці визначають точку роси.

Розташування точки роси залежить від більшої кількості факторів:

- товщина і вид матеріалу всіх шарів стіни;
- температура повітря всередині і зовні будівлі;
- вологість повітря всередині і зовні будівлі.

Точка роси може знаходитись у стіні ближче до внутрішньої сторони (житлова кімната), всередині або ззовні (зі сторони вулиці). Перший варіант є найгіршим, оскільки стіна кімнати мокра, що призводить до цвілі і утворення грибка. Другий варіант є допустимим, якщо точка роси знаходиться ближче до вулиці (у такому випадку стіна кімнати суха). Третій варіант є ідеальним і поки що неможливим.

Приклади розташування точки роси у цегляній стіні без утеплення (а), утеплення зсередини (б) і зовні (в) зображені на рис. 2.12.

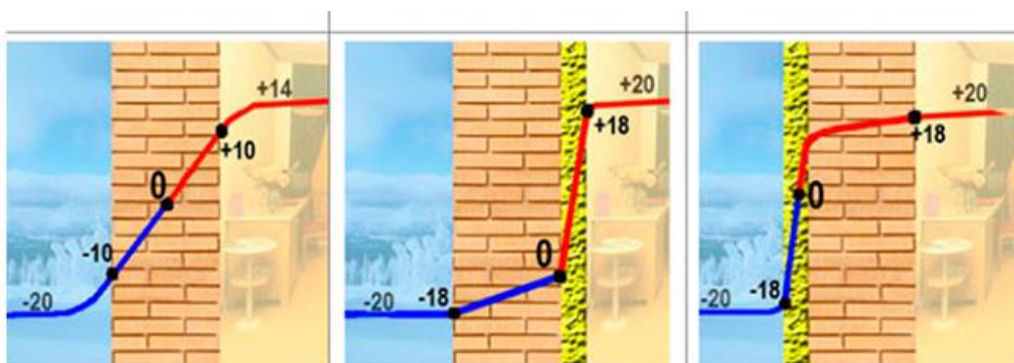


Рисунок 2.12 – Розташування точки роси у будівлі

Зрозуміло, що проживання у будинку з керамічної або силікатної кладки без утеплення є не комфортним через низьку температуру повітря у приміщенні у холодні періоди та великі затрати на опалення.

При утепленні стіни зсередини існує ряд ризиків:

- стіна може «мокнути» при різкому зниженні зовнішньої температури (точка роси знаходиться в товщі стіни);
- стіна постійно мокра (точка роси знаходиться на внутрішній стороні стіни, під утеплювачем),
- і стіна, і утеплювач мокрі (точка роси знаходиться в товщі утеплювача).

У разі утеплення будівлі ззовні важливо правильно розрахувати товщину теплоізоляційного матеріалу та коректно виконати роботу.

Для виконання розрахунків у домашніх умовах створені онлайн-калькулятори, які дозволяють розрахувати товщину ізоляційного матеріалу та визначити точку роси.

Розрахунки випадіння конденсату виконано згідно з будівельними нормами ДБН В.2.6-31: 2016 [37].

Вихідні дані:

Відносна вологість повітря: 50% всередині приміщення, 81% на вулиці

Середня температура повітря: 20°C всередині приміщення, - 0,2°C на вулиці

1. Для перевірки конструкції на наявність зони конденсації всередині конструкції огороження необхідно визначити опір паропроникності R_{π} за формулою:

$$R_{\pi} = \frac{\delta}{\mu}, \quad (2.7)$$

де μ – коефіцієнт паропроникності матеріалу, $\mu = 0,14 \frac{\text{мг}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}$

Опір паропроникності за формулою (2.7) складає:

$$R_{\pi} = \frac{0,5}{0,14} = 3,57 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}.$$

2. Визначити умовний опір теплопередачі за формулою:

$$R_0^{ym} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (2.8)$$

де α_B – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожуючих конструкцій; $\alpha_B = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$;

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, $\alpha_3 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

Умовний опір теплопередачі, обчислений за формулою (2.8) складає:

$$R_0^{ym} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,107} + \frac{1}{23} = 4,83 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

3. Визначити приведений опір теплопередачі за формулою:

$$R_0^{np} = R_0^{ym} \cdot r, \quad (2.9)$$

де r – коефіцієнт теплотехнічної однорідності конструкції, що враховує вплив стиків, гнучких зв'язків та інших теплопровідних включень, $r = 0,92$

Тоді підставивши значення у формулу (2.9) приведений опір теплопередачі складає:

$$R_0^{np} = 4,83 \cdot 0,92 = 4,44 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

4. Визначити парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря при розрахункових даних температури і вологості за формулою:

$$e_B = \frac{\varphi_B}{100} \cdot E_B, \quad (2.10)$$

де E_e – парціальний тиск насиченої водяної пари внутрішнього повітря, визначається за температурою $t_b = 20^\circ\text{C}$ і вологістю $\varphi_b = 50\%$ повітря у приміщенні за таблицею, $E_e = 2338$ Па.

Парціальний тиск, обчислений за формулою (2.10), складає:

$$e_b = \frac{50}{100} \cdot 2338 = 1169 \text{ Па.}$$

5. Визначити парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря при розрахункових даних температури і вологості:

$$e_3 = \frac{\varphi_3}{100} \cdot 1,84 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(-\frac{5330}{273 + t_3}\right) \quad (2.11)$$

де $\varphi_3 = 81\%$,

$$t_3 = -0,2^\circ\text{C}$$

Тоді парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря при розрахункових даних температури і вологості за формулою (2.11) складає:

$$e_3 = \frac{81}{100} \cdot 1,84 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(-\frac{5330}{273 + (-0,2)}\right) = 488 \text{ Па.}$$

6. Визначити температури на межі шарів, нумеруючи від внутрішньої поверхні до зовнішньої:

$$t_x = t_3 - \frac{t_b - t_3}{R_0^{\text{пп}}} \cdot \frac{1}{\alpha_b} \cdot r. \quad (2.12)$$

Тоді за формулою (2.12) температура внутрішньої поверхні складає:

$$t_1 = 20 - \frac{20 - (-0,2)}{4,44} \cdot \frac{1}{8,7} \cdot 0,92 = 19,5^\circ\text{C}.$$

Аналогічно за формулою (2.12) визначено температуру зовнішньої поверхні:

$$t_2 = 20 - \frac{20 - (-0,2)}{4,44} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 4,3 \right) \cdot 0,92 = -0,09^\circ\text{C}.$$

7. Визначити максимальний парціальний тиск водяної пари

$$E = 1,84 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(-\frac{5330}{273 + t_3}\right). \quad (2.13)$$

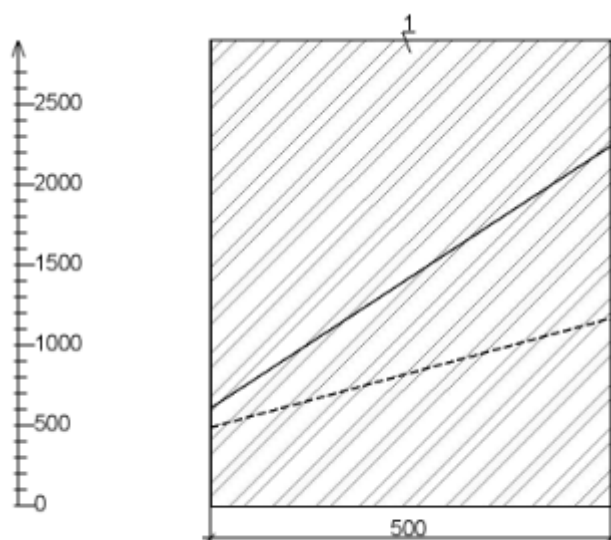
Максимальний парціальний тиск водяної пари для внутрішнього повітря при розрахункових даних температури і вологості за формулою (2.13) складає:

$$E_1 = 1,84 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(-\frac{5330}{273 + 19,5}\right) = 2244 \text{ Па}.$$

Максимальний парціальний тиск водяної пари для зовнішнього повітря при розрахункових даних температури і вологості за формулою (2.13) складає:

$$E_2 = 1,84 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(-\frac{5330}{273 + (-0,09)}\right) = 607 \text{ Па}.$$

За результатами розрахунків дійсного і максимального парціальних тисків водяної пари зовнішнього і внутрішнього повітря побудовано графік (рис. 2.13).



— — — розподілення дійсного парціального тиску водяної пари e

———— розподілення максимального парціального тиску водяної пари E

Рисунок 2.13 – Графік розподілення дійсного і максимального тисків

Висновок: криві розподілення тисків не пересікаються, отже, випадіння конденсату у конструкції неможливе.

2.5 Економічне обґрунтування будівництва багатоповерхового будинку з використанням різних будівельних матеріалів

Для обґрунтування економічної доцільності використання керамічного блоку з мінераловатним наповненням проведено розрахунки щодо вартості будівництва 9-ти поверхового будинку з:

- силікатної цегли та утеплення пінопластом;
- керамічного блоку з пустотами для заповнення мінеральною ватою;
- керамічного блоку, у суміш якого входить мінеральна вата.

Ціна та витрата будівельних матеріалів вказана у табл. 2.4 [39-41].

Таблиця 2.4 – Параметри будівельних матеріалів

Матеріал	Витрата	Ціна
Пінопласт	–	85 грн/м ²
Цегла	317 шт/м ²	7,5 грн/шт
Блок 1	16 шт/м ²	150 грн/шт
Блок 2	16 шт/м ²	125 грн/шт

У розрахунках не вказано вартість робіт та вартість будівництва фундаменту, оскільки він є однаковим для трьох варіантів. Розрахунок проведено тільки для площі фасаду. Вигляд будинку наведено на рис. 2.14, а його параметри – у табл. 2.5.



Рисунок 2.14 – Зображення дев'ятиповерхового будинку з одним під'їздом

Таблиця 2.5 – Параметри будинку

Параметр	Значення
Висота поверху	2,6 м
Кількість поверхів	9
Висота будинку	23,4≈24м
Ширина будинку	16 м
Довжина будинку	28 м
Загальна площа поверхонь стін	2112 м ²

Варіант №1. Вартість будівництва будинку з силікатної цегли та утеплення пінопластом визначають за формулою:

$$P_1 = F_1 \cdot S \cdot C_{\text{ц}} + S \cdot C_{\text{п}}, \quad (2.14)$$

де F_1 – витрата цегли на одиницю площі, шт/м²;

S - загальна площа поверхонь стін, м²;

$C_{\text{ц}}$ – ціна цегли, грн/шт;

$C_{\text{п}}$ – ціна пінопласту, грн/м²

Тоді за формулою (2.14) вартість будівництва будинку з силікатної цегли та утеплення пінопластом складає:

$$P_1 = 317 \cdot 2112 \cdot 7,5 + 2112 \cdot 85,6 = 5202067 \text{ грн} \approx 5,2 \text{ млн грн.}$$

Варіант №2. Вартість будівництва будинку з керамічного блоку з пустотами для заповнення мінеральною ватою визначають за формулою:

$$P = F \cdot S \cdot C, \quad (2.15)$$

де F – витрата керамічного блоку на одиницю площі, шт/м²;

C – ціна блоку, грн/шт

Тоді за формулою (2.15) вартість будівництва будинку з пустотами для заповнення мінеральною ватою складає:

$$P_2 = 16 \cdot 2112 \cdot 150 = 5068800 \text{ грн} \approx 5,06 \text{ млн грн.}$$

Варіант №3. Вартість будівництва будинку з керамічного блоку, у суміш якого входить мінеральна вата обчислюють за формулою (2.15):

$$P_3 = 16 \cdot 2112 \cdot 125 = 4224000 \text{ грн} \approx 4,22 \text{ млн грн.}$$

Розрахунок вартості показав, що використання керамічних блоків, у суміш яких входить мінеральна вата, є економічно ефективним порівняно з будівництвом з традиційної цегли або з керамічного блоку з пустотами для заповнення мінеральною ватою (рис. 2.15).

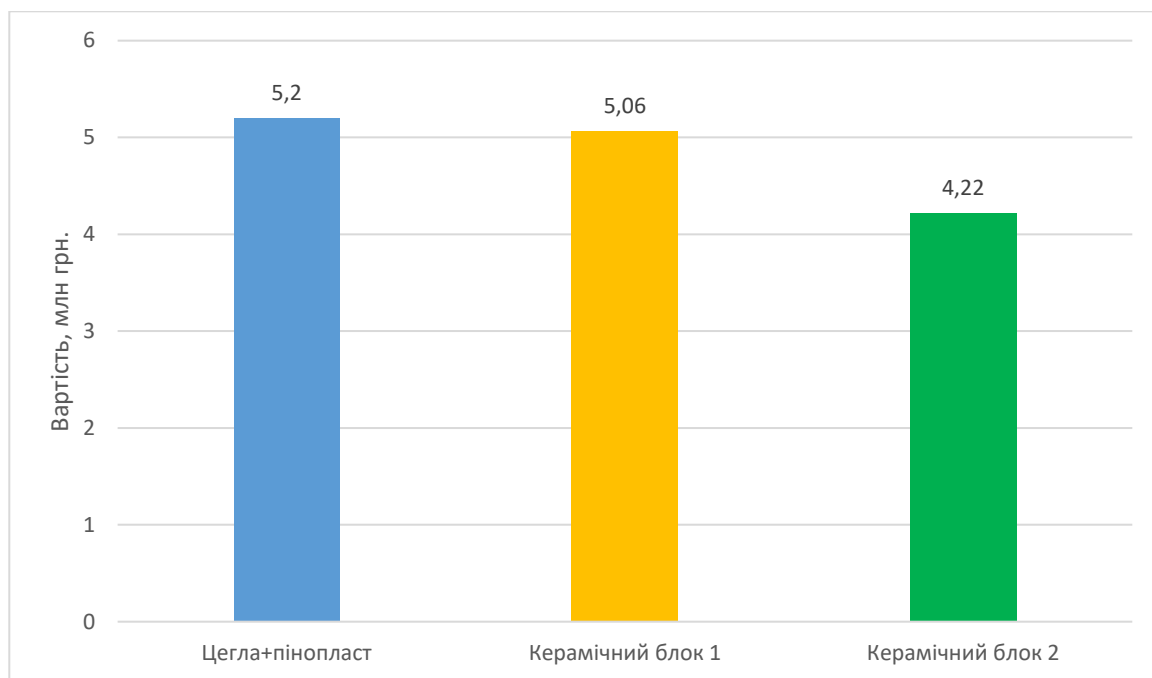


Рисунок 2.15 – Вартість будівництва фасадних стін різними будівельними матеріалами

Висновки до розділу 2

Визначено, що найменший коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,107 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ і найбільший опір теплопередачі $R = 4,67 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$ досягається при вологості кладки $\omega=1,0\%$ у зразку керамічного блоку, який на 35% складається з мінеральної вати. Побудовано лінії тренду, знайдено рівняння залежності коефіцієнту теплопровідності та опору теплопередачі від вмісту мінеральної вати.

Досліджено розташування точки роси у різних стінах (без утеплення, з утепленням ззовні і зсередини). Виявлено, що у досліджуваному зразку

випадіння конденсату неможливе, оскільки криві розподілення тисків не пересікаються.

Розраховано витрати на спорудження фасаду дев'ятиповерхового будинку з різних матеріалів (силікатна цегла, керамічний блок з пустотами для заповнення мінеральною ватою, керамічний блок, у суміш якого входить мінеральна вата). Виявлено, що найдешевший варіант – будівництво з нового розробленого матеріалу – керамічного блоку, у суміш якого входить 35% відходів мінеральної вати. Вартість будівництва складає 4,22 млн грн у порівнянні з 5,2 млн грн. (силікатна цегла+утеплення пінопластом) і 5,02 млн грн. (керамічний блок з пустотами для заповнення мінеральною ватою).

Доведено, що розроблений керамічний блок має високі теплоізоляційні властивості та низьку вартість, що робить будівельний матеріал конкурентоспроможним і має великий потенціал вийти на український і зарубіжний ринок.

3 ЗАХИСТ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ

Електромагнітне поле буває природним і штучним. До природних відносять Сонце, Землю, Космос. Вплив природних джерел не є критичним, тому сучасні дослідження спрямовані на вивчення дії штучних джерел.

Основними джерелами електромагнітного випромінювання штучного походження є засоби зв'язку, телебачення, радіонавігації, ЛЕП та інші пристрої, що працюють у діапазоні високих, ультрависоких і надвисоких частот.

Властивості електромагнітних хвиль

- у вакуумі електромагнітна хвиля поширюється з кінцевою швидкістю, яка дорівнює швидкості світла $c=3 \cdot 10^8$ м/с;
- електромагнітна хвиля поперечна; коливання векторів напруженості змінного електричного поля і магнітної індукції змінного магнітного поля взаємно перпендикулярні і лежать у площині, що перпендикулярна до вектору швидкості хвилі;
- електромагнітна хвиля передає енергію у напрямку поширення хвилі.

3.1 Характеристика електромагнітних полів

1. Довжина хвилі – відношення швидкості до частоти [м].
2. Швидкість поширення електромагнітної хвилі [м/с].
3. Густина потоку або інтенсивність – це електромагнітна енергія, яка переноситься через поверхню одиничної площі за одиницю часу [Вт/м²].
4. Напруженість електричного поля – векторна величина, яка характеризує електричне поле у даній точці [В/м].
5. Напруженість магнітного поля визначає величину і напрямок магнітного поля у даний час у даній точці [А·в/м].

У кожний момент часу значення векторів напруженостей електричного і магнітного полів взаємопов'язані співвідношенням:

$$\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} E = \sqrt{\mu_0 \mu} H,$$

де ε – абсолютна діелектрична проникність середовища, Ф/м

ε_0 – електрична постійна, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м

μ – абсолютна магнітна проникність середовища, Гн/м

μ_0 – магнітна постійна, $\mu = 1,257 \cdot 10^{-6}$ Гн/м

3.2 Діапазон частот електромагнітного випромінювання

Електромагнітне випромінювання варіюється у широкому діапазоні частот, починаючи від звукових хвиль і закінчуючи γ -випромінювання. Повний спектр електромагнітних хвиль із зазначеною частотою і хвиль неведений у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Діапазон частот електромагнітного випромінювання [42]

Вид випромінювання	Довжина хвилі, м	Частота хвилі, Гц	Джерело випромінювання
Звукові хвилі	Більше $1,5 \cdot 10^4$	До $20 \cdot 10^3$	ЛЕП, електроінструменти, вся побутова техніка
Радіохвилі	10^5 – 10^{-4}	$3,0 \cdot 10^3$ – $3,0 \cdot 10^{11}$	Антени, обладнання радіо-, радіолокаційних, телевізійних станцій
Інфрачервоне випромінювання	$5 \cdot 10^{-4}$ – $8 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{11}$ – $3,75 \cdot 10^{14}$	Лампи, лазерні, нагріті тіла
Видиме	$8 \cdot 10^{-7}$ – $4 \cdot 10^{-7}$	$3,75 \cdot 10^{14}$ – $7,5 \cdot 10^{14}$	Лампи, лазерні, нагріті тіла

Продовження таблиці 3.1

Вид випромінювання	Довжина хвилі, м	Частота хвилі, Гц	Джерело випромінювання
Ультрафіолетове	$4 \cdot 10^{-7} - 10^{-9}$	$7,5 \cdot 10^{14} - 3,0 \cdot 10^{15}$	Лампи, лазерні, нагріті тіла
Рентгенівське	$2 \cdot 10^{-9} - 6 \cdot 10^{-12}$	$3,0 \cdot 10^{15} - 3 \cdot 10^{19}$	Трубки рентгенівські, високовольтні електровакуумні пристрої
γ -випромінювання	До $6 \cdot 10^{-12}$	Більше $3 \cdot 10^{19}$	Радіоактивний розпад, ядерні і космічні процеси

Радіохвилі використовують у радіолокації для визначення місцезнаходження об'єктів.

Інфрачервоне (теплове) випромінювання нагріває речовину при поглинанні, властиві інтерференція, дифракція. Застосовують у приладах нічного бачення, у фізіотерапії, промисловості.

Властивостями видимого випромінювання є відбиття, заломлення, поглинання, інтерференція, дифракція.

Ультрафіолетове випромінювання має хімічну дію, велику проникаючу здатність, біологічний вплив. Застосовується у медицині, промисловості. Реєструється фотографічним методами.

Рентгенівське випромінювання характеризується високою хімічною активністю, біологічним впливом, високою проникністю; йому властиві інтерференція, дифракція на кристалічній решітці. Застосовується у медицині, промисловості, науці.

γ -випромінювання володіє високою проникаючою здатністю, сильною біологічною дією. Застосовується у медицині, промисловості, науці [43].

3.3 Нормування електромагнітного випромінювання

Нормування радіочастотного діапазону здійснюється згідно з ГОСТ 12.1.006-84 «Електромагнітні поля радіочастот. Припустимі рівні на робочих місцях і вимоги до впровадження контролю», ДСН 239-96 «Державні санітарні норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» і ДСанПіН 3.3.6.096-2002 "Державні санітарні норми та правила при роботі з джерелами електромагнітних полів" [44-46].

Фізичні величини для визначення ГДР

1. Напруженість електричного поля, $E_{ГД}$ [В/м]
2. Напруженість магнітного поля, $H_{ГД}$ [А/м]
3. Енергетичне навантаження електричного поля – добуток квадрата потужності ЕМП і часу його впливу, $ЕН_{ЕГД}$ [$V^2 \cdot \text{год}/m^2$]
4. Енергетичне навантаження магнітного поля, $ЕН_{НГД}$ [$A^2 \cdot \text{год}/m^2$]
5. Щільність потоку енергії [Вт/м²]

У табл. 3.2 наведено гранично допустимі рівні електричної і магнітної складових поля [47].

Таблиця 3.2 – Залежність ГДР електричного та магнітного полів від діапазонів частот

Параметри	Граничні значення в діапазонах частот				
	1-10 кГц	10-60 кГц	0,06-3 МГц	3-30 МГц	30-80 МГц
$E_{ГД}$, В/м	1000	700	500	300	80
$ЕН_{ЕГД}$, $V^2 \cdot \text{год}/m^2$	120000	40000	20000	7000	800
$H_{ГД}$, А/м	75	57	50	-	3,0
$ЕН_{НГД}$, $A^2 \cdot \text{год}/m^2$	675	390	200	-	0,72

ЕМП частотою 1 кГц – 300 МГц нормуються за інтенсивністю та енергетичними навантаженнями електричних та магнітних полів, враховуючи час впливу.

За допомогою будівельних матеріалів можливо захиститися від електромагнітного випромінювання, спричиненого ЛЕП, антенами мобільного зв'язку, супутниковими антенами та ін.

3.4 Проходження електромагнітних хвиль через будівельні матеріали

Основними традиційними матеріалами, з яких будують стіни, є цегла, залізобетон і дерево. На сьогоднішній день даних щодо проходження електромагнітних полів через піноблок і газоблок мало. Результати досліджень проходження електромагнітних хвиль через керамічний блок з пустотами для заповнення мінеральною ватою відсутні.

Дані роботи [48] щодо ослаблення сигналу у будівельних конструкціях узагальнені у табл.3.3. Значення подані для різної товщини матеріалу і при різних частотах випромінювання.

Таблиця 3.3 – Зведені дані ослаблення радіосигналу у стінових матеріалах

Матеріал	Товщина, мм	Поглинання, дБ				
		900 МГц	2.4 ГГц	3 ГГц	5 ГГц	10 ГГц
Цегла	120			15		15
Цегла оштукатурена	120		5			
Бетон	102	12				
Бетон, облицьований цеглою	192	14	14			
Залізобетон	203	27		14,5		21

Продовження таблиці 3.3

Матеріал	Товщина, мм	Поглинання, дБ				
		900 МГц	2.4 ГГц	3 ГГц	5 ГГц	10 ГГц
Шлакобетон	460					
Бетон (зовнішня стіна)	685		53			
Капітальна стіна	700			16		12

Аналіз таблиці показує великий розкид значень. Це можна пояснити тим, що дані отримані у різних умовах дослідження.

Одним із головних факторів, що впливають на значення електричних параметрів є вологість матеріалу. Послаблення радіохвиль різко збільшується при збільшенні показника вологості. У більшості випадків глибина проникнення радіовипромінювання в однорідну за складом середовище можна оцінити за приблизною формулою [19]:

$$\delta_p = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{\sqrt{\varepsilon'}}{\varepsilon''}, \quad (3.1)$$

де δ_p – відстань від межі розподілу середовищ, де величина потужності ЕМВ на 4,34 дБ менша за потужність падаючої хвилі у точці, що розміщена під поверхнею;

λ – довжина робочої хвилі у вільному просторі;

$\varepsilon = \varepsilon' - j \varepsilon''$ – відносна комплексна діелектрична проникність середовища.

У табл. 3.4 наведені значення глибини проникнення та діелектричні проникності середовища для різних матеріалів [49].

Таблиця 3.4 - Глибина проникнення для деяких матеріалів

Матеріал	ϵ'	ϵ''	δ_p (м) при $\lambda=3$ см
Кварцевий пісок	2,3	0,003	2,5
Граніт	4,6	0,05	0,2
Базальт	5,3	0,26	0,042
Воді прісна	60	27,0	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Глина $m_v = 0,05$ /см ³	3,1	0,1	0,08
$m_v = 0,34$ /см ³	21	4,8	$4,5 \cdot 10^{-3}$

Як видно з таблиці, глибина проникнення у матеріалах (глині) зменшується зі збільшенням вологості.

3.5 Експериментальне дослідження параметрів послаблення радіосигналів у стінах будівель

Дослідження параметрів проводилося методом радіопросвічування за методикою авторів роботи [19]. Радіопросвічування – метод електророзвідки, заснований на поглинанні електромагнітної енергії при проходженні радіохвиль через матеріали. Поглинання енергії залежить в основному від електропровідності середовища. Схема експериментальної установки зображена на рис.3.1

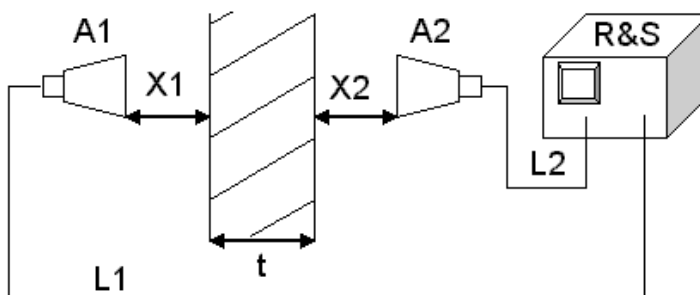


Рисунок 3.1 – Блок-схема вимірювання частотних залежностей модуля і фази коефіцієнта передачі через стіни

Дві антени A_1 (приймальна) і A_2 (випромінююча) розташовані на відстанях X_1 і X_2 по різні боки від стіни товщиною t , а комплексний коефіцієнт передачі зондуючого сигналу $S_{21W}(f)$ визначався за допомогою вимірювача комплексних коефіцієнтів передачі ROUNDE & SCHWARZ Vector Network Analyzer ZVCE.

Потім антени розташовувалися на тій же відстані $X_\Sigma = X_1 + X_2 + t$ в широкому отворі дверей або у вільній від сторонніх предметів частині приміщення. Визначено коефіцієнт передачі $S_{21FS}(f)$ у «вільному просторі» у тому ж діапазоні частот. Різниця цих коефіцієнтів, нормована на товщину стіни, визначає у першому наближенні частотну залежність погонного затухання у матеріалі стіни:

$$Q_0 \approx \frac{S_{21W} - S_{21FS}}{t}, \frac{\text{дБ}}{\text{м}} \quad (3.2)$$

В експерименті середні значення вимірювання проникності стін складає $\varepsilon \approx 3,5 \dots 4,0$.

Передавач розташовано у кімнаті, приймач по іншу сторону стіни в коридорі шириною приблизно 3 м. Напруга V_{outW} вимірювалася на виході логарифмічного детектора приймача. Потім приймач і передавач були розташовані у кімнаті, виконуючи роль «вільного простору». Напругу V_{outFS} повторно заміряно знову на виході логарифмічного детектора. Ослаблення сигналу в стіні оцінювалося за формулою:

$$Q = \frac{V_{outFS} - V_{outW}}{St}, \frac{\text{дБ}}{\text{м}} \quad (3.3)$$

Амплітуду хаотичних радіоімпульсів оцінено за допомогою цифрового осцилографа Tektronix DPO-4054. Точність описаної схеми вимірювань становить приблизно 1 дБ.

Ослаблення сигналу вимірювалося у цегляних стінах товщиною $t = 50$ і 30 см. Для кожної стіни вимірювання проводилися у трьох різних положеннях: 1) передавач і приймач притиснуті до стіни; 2) передавач притиснутий до стіни, приймач знаходиться за стіною на відстані 1 м від передавача; передавач притиснутий до стіни, приймач знаходиться за стіною на відстані 2 м від передавача. (рис. 3.2).

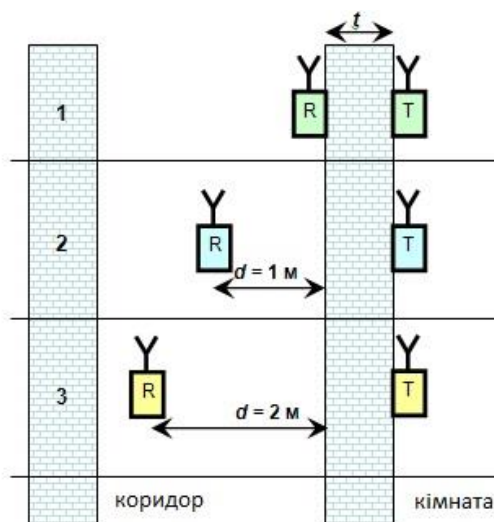


Рисунок 3.2 – Схема розміщенні передавачів(T) і приймачів (R)

При аналізі результатів експерименту необхідно брати до уваги відображення сигналу на стіни при нормальному падінні радіохвилі і «фокусування» хвильового потоку внаслідок рефракції. При падінні радіохвилі на поверхню розділу двох середовищ з різними показниками заломлення частина хвилі відбивається назад. Коефіцієнти відбиття S_{11} і проходження S_{21} (за потужністю) визначаються формулами:

$$S_{11} = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2, S_{21} = \frac{4n_2n_1}{(n_2 + n_1)^2} \quad (3.4)$$

де n_1, n_2 – показники заломлення середовищ. У діапазоні частот 3-5 ГГц дійсна частина діелектричної проникності цегли і бетону змінюється слабо і

становить $\varepsilon \approx 3,5 \dots 4,0$, тому при розрахунках можна брати $n_1 = 1$ (повітря), $n_2 = 1,9-2$ (стіна), тоді від стіни відбивається приблизно 10% сигналу.

Другий фактор – «фокусування» радіохвилі внаслідок рефракції, призводить до заниження величини поглинання, як пояснюється на рис. 3.3. Сферична радіохвиля, що поширюється з точки O_1 при переході з середовища з показником заломлення n_1 у середовище з показником n_2 і знову у середовище з показником n_1 притиснується з осі O_1O_2 .

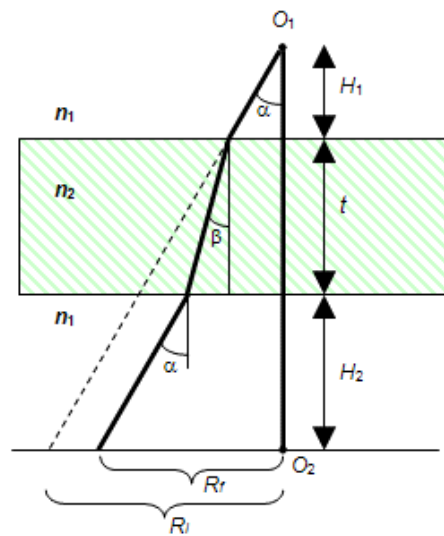


Рисунок 3.3 – Звуження («фокусування») радіохвилі при проходженні через стіну

Нехай приймач розташовується в точці O_2 . Якби стіни не було, то радіус конуса з кутом розкриву α з вершиною в точці O_1 на відстані $(H_1 + t + H_2)$ становив би R_i . При наявності стіни з $n_1 \neq n_2$ радіус конуса складе R_f . Таким чином, у першому наближенні, енергія передавача у цьому конусі у першому випадку розподіляється на площі $S_i = \pi R_i^2$, а в другому випадку - на площі $S_f = \pi R_f^2$. Тоді відносне посилення сигналу в приймачі (при відсутності поглинання в стіні) складатиме:

$$M = \left(\frac{R_i}{R_f} \right)^2 = \frac{(H_1 + t + H_2) \operatorname{tg} \alpha}{H_1 \operatorname{tg} \alpha + t \cdot \operatorname{tg} \beta + H_2 \operatorname{tg} \alpha} = \frac{H_1 + H_2 + t}{H_1 + H_2 + t \cdot \operatorname{tg} \beta / \operatorname{tg} \alpha}, \quad (3.5)$$

$$\text{де } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Вздовж осі O_1O_2 ($\alpha \approx 0$) посилення складає:

$$M \approx \frac{H_1 + H_2 + t}{H_1 + H_2 + t \cdot n_2} \quad (3.6)$$

Посилення внаслідок рефракції максимальне, якщо приймач і передавач притиснуті до стіни ($H_1 = H_2 = 0$), $M \approx n_2 = 2$ (3 дБ). Зі збільшенням відстані приймача і передавача до стіни цей ефект різко зменшується.

З погляду на перелічені фактори, отримані результати вимірювань поглинання Q наступні:

- 1) $Q \approx 2,5 \pm 1$ дБ;
- 2) Стіна 30 см $Q \approx 5,5 \pm 1$ дБ
Стіна 50 см $Q \approx 9,5 \pm 1$ дБ
- 3) Стіна 30 см $Q \approx 3 \pm 1$ дБ
Стіна 50 см $Q \approx 6 \pm 1$ дБ

Таким чином, в ході експериментів встановлено, що якщо приймач і передавач встановлені на відстані кількох сантиметрів від стіни (по різні боки) стіна вносить найменше ослаблення - приблизно 2,5 дБ з урахуванням рефракції.

Розкид даних вимірювань може пояснюватися як відносно невисокою точністю вимірювань (± 1 дБ), так і локальними характеристиками матеріалу стін. Крім того, менші показники поглинання у третьому випадку порівняно з другим можна пояснити впливом хвилі, відбитої від другої стіни коридору.

Описані дослідження проведено з керамічною цеглою. Наразі не вдалося провести експерименти з керамічним блоком з наповненням відходів виробництва мінеральної вати.

Пошук інформації щодо захисту від електромагнітних полів за допомогою мінеральної вати дав тільки один результат – японський патент на навісні стіни,

що поглинають телевізійний сигнал [50]. Суть ідеї полягає у тому, що навісні стіни мають зовнішню шарувату панель, яка містить декоративне покриття з неметалічного матеріалу, на тильну сторону якого послідовно нанесено поглинач електромагнітного випромінювання, виповнений зі суміші феритового порошку і мінеральної вати, і поглинач електромагнітного випромінювання, виготовлений у вигляді феритової плитки, і внутрішню шарувату панель, що містить внутрішнє декоративне покриття, на тильну сторону якого послідовно нанесені звукопоглинаючий шар і відбивач електромагнітних хвиль, виконаний з алюмінієвої фольги і металевої сітки.

Отже, ідея використання відходів виробництва мінеральної вати у керамічній масі для випалювання блоків з функцією захисту від електромагнітних полів є абсолютно новою і потребує детального лабораторного дослідження.

Висновки до розділу 3

У розділі описані характеристики і властивості електромагнітних полів, діапазони частот електромагнітного випромінювання та приклади їх практичного застосування.

Перелічено державні стандарти, за якими здійснюється нормування електромагнітного випромінювання. Наведена залежність допустимих рівнів електричного і магнітного полів від діапазонів частот.

Для порівняння проходження електромагнітних хвиль було обрано різні будівельні матеріали, зокрема цегла, оштукатурена цегла, бетон, облицьований цеглою бетон, залізобетон і шлакобетон. Досліджено глибину проникнення електромагнітних хвиль для деяких матеріалів

У ході експериментальних досліджень було визначено ослаблення сигналу у цегляних стінах товщиною 50 і 30 см у трьох різних положеннях, що склав від 2,5 до 9,5 дБ.

У процесі аналізу літературних джерел виявлено один патент, який описує мінімальний зв'язок мінеральної вати і методами захисту від електромагнітних випромінювань.

4 СТАРТАП ПРОЕКТ

Важливою частиною наукової розробки є практична імплементація – впровадження технології або виробництво продукції. Для комерціалізації проекту необхідно провести маркетингову оцінку продукту – SWOT-аналіз, порівняння з існуючою продукцією (технологією) та прогноз конкурентоспроможності. Порядок створення стартап-проекту детально описана у методичних рекомендаціях [51].

4.1 Опис ідеї товару

У табл. 4.1 наведено зміст, напрямки застосування, а також вигоди, які отримує людина при використанні цього проекту.

Таблиця 4.1 - Ідея проекту

Зміст	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Додавання відходів виробництва мінеральної вати до складу цегли	1. Будівництво приватних і багатоповерхових будинків	Час будівництва на 30% менший, ніж при будівництві цеглою стандартних розмірів
	2. Утилізація відходів мінеральної вати	Економія площ полігону

Головною метою проекту є розроблення керамічною маси, за якої будівельний матеріал має високі теплоізоляційні властивості, при чому матеріалом є екологічно чиста сировина (глина) і відходи виробництва мінеральної вати. Таким чином відбувається переробка відходів шляхом використання їх як вторинного ресурсу. Як результат зменшується собівартість керамічного блоку за допомогою економії глини.

Для визначення переваг і недоліків проекту проведено аналіз характеристик конкурентів – керамічної цегли і керамічного блоку. Аналіз подано у табл.4.2, де W – слабка сторона, N – нейтральна сторона, S – сильна сторона.

Таблиця 4.2 - Порівняння характеристик ідеї проекту і конкурентів

№ з/п	Характеристики	Мій проект	Цегла	Блок	W	N	S
1.	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м°C	0,107	0,6	0,119			+
2.	Морозостійкість	F50	F50	F50		+	
3.	Міцність на стиснення, МПа	100	150	75			+
4.	Ціна за 1м ² , грн	2000	2463*	2400			+

* ціна вказана для будинку, який будують з керамічної цегли, а потім утеплюють пінопластом.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Випалювання із запропонованої керамічної маси можливе як цегли, так і блоку.

Перший варіант можливий на всіх підприємствах України, оскільки наявні форми за стандартними розмірами.

Виробництвом блоків займається мала частка підприємств. Проте, виробництво нової форми не є складною задачею, тому цілком можливо поширити випалювання блоків великого розміру на всіх заводах. Можливість реалізації такої ідеї показана у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ з/п	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Виробництво будівельного матеріалу у вигляді цегли стандартного розміру 250*120*65 мм	+	+
2.	Виробництво будівельного матеріалу у вигляді блоку розміром 500*248*249 мм	+	+
Обрана технологія реалізації: виробництво будівельного матеріалу у вигляді блоку розміром 500*248*249 мм, оскільки заощаджує час будівництва на 30%.			

Як видно з таблиці, наявність і доступність технологій існують в Україні і для цегли, і для блоків. Для початку доцільно запропонувати ідею для реалізації тим підприємствам, які вже зараз займаються блоками та каменями нестандартних розмірів, підприємствам, які прагнуть розширити асортимент і готові до нової продукції.

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Після аналізу ідеї та технологічних особливостей проекту необхідно проаналізувати ринок будівельних матеріалів наведені у першому підпункті розділу 1.

До характеристик потенційного ринку відносять:

- кількість головних гравців;
- загальний обсяг продажу;
- динаміка ринку;
- наявність обмежень для входу;
- специфічні вимоги до стандартизації і сертифікації;
- норма рентабельності галузі (табл.4.4.).

Таблиця 4.4 – Характеристика потенційного ринку

№ з/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	5
2.	Загальний обсяг продажу, грн/ум.од	1497,1 млн грн.
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Спадає
4.	Наявність обмежень для входу	Ліцензія, сертифікація
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ Б В.2.7-61:2008 [23], ДСТУ Б А. 1.2-1:2007 [31]
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	13,47% [52]

Не дивлячись на те, що за період 2017-2018 відбувся занепад промисловості будівельних матеріалів, норма рентабельності дає позитивні висновки щодо входження нового продукту у галузь.

Для галузі будівельних матеріалів характерні 3 групи споживачів:

- 1) компанії-забудовники – фірми-гіганти, які виграють державні та місцеві тендери на будівництво багатоповерхівок, муніципальних та інших будівель;
- 2) бригади будівельників – наймані робітники, які працюють на індивідуальних замовленнях;
- 3) одноразовий споживач – людина, яка власне сама будує собі будинок. Докладає максимум зусиль, не шкодує коштів на матеріали, надаючи перевагу якості, а не економії грошових ресурсів.

У табл. 4.5 наведені основні риси перелічених споживачів. Потреба, що формує ринок для цегли, каменів та блоків, з яких виконують стіни, – високі теплоізоляційні властивості.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів

Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці	Вимоги споживачів
Компанії-забудовники	Звертають увагу на сертифікати відповідності, ліцензії, ціна матеріалу	До продукції: великий термін експлуатації, відповідність зазначеним властивостям
Одноразовий споживач (будує собі будинок)	Звертає увагу на ціну матеріалу, характеристики	До компанії-постачальника: гарантія на якість матеріалу, надійне транспортування

Спільним для всіх споживачів є акцент на цінову політику, фізико-технічні характеристики, якість матеріалу.

Для визначення доцільності входження на ринок окрім норми рентабельності, необхідно обґрунтувати аспекти, які можуть перешкоджати і сприяти. Перелік аспектів цих аспектів наведено у табл. 4.6 і 4.7 відповідно.

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№ з/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Новизна товару	Люди не довіряють новому товару	Семінари, екскурсії на виробництво
2.	Ціна товару	Ціна менша, ніж Porotherm, вища за цеглу	Великі знижки на першу партію блоків
3.	Незакріплення на ринку	Несприйняття товару споживачами	Закриття виробництва

Для нового, інноваційного товару завжди існує загроза несприйняття споживачами, оскільки більшість українців є консерваторами у багатьох речах, тим паче люди з радянської епохи, коли всі будинки будувалися шаблонно з силікатної цегли.

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ з/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Вихід на міжнародний ринок	Збільшення потужностей та обсягу виробництва, створення нових робочих місць	Збільшення фінансування, покращення якості
2.	Витіснення товарів-конкурентів	Те саме	Те саме

Слід зазначити, що наведені можливості і реакції компанії на них, а саме збільшення потужностей та обсягу виробництва, отже, і збільшення фінансування є характерним для будь-якої галузі не тільки промисловості, а й сфери продажу товарів і послуг в цілому.

Наступним кроком є аналіз конкуренції на ринку. Чим більше конкурентів, тим більш високі вимоги ставляться до виробників товару. У табл. 4.8 наведено характеристику конкуренції у галузі будівельних матеріалів.

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	Проявлення характеристики	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції – олігополія	На ринку 5 гігантів-виробників цегли	Участь у неціновій конкуренції
2. За рівнем конкурентної боротьби – національний	Галузь будівельних матеріалів розповсюджена по всій країні	Відкриття філіалів у різних областях України
3. За галузевою ознакою – міжгалузева	Будівельні матеріали і утилізація відходів	Екологізація виробництва – підтримка держави

Продовження таблиці 4.8

Особливості конкурентного середовища	Проявлення характеристики	Вплив на діяльність підприємства
4. Конкуренція за видами товарів – товарно-родова	Можна обрати силікатну, керамічну цеглу, керамічний блок	Популяризація керамічного блоку з використанням відходів мінеральної вати
5. За характером конкурентних переваг – нецінова	Ціна цегли – значно менша, ціна керамічного блоку – вища	Вдосконалення фізично-технічних характеристик товару
6. За інтенсивністю – марочна	Гарантує рівень якості, вказує виробника	Зобов'язує виробляти всю продукцію однієї високої якості

Надалі проводиться детальний опис прямих і потенційних конкурентів у галузі. Дані узагальнено у табл.4.9.

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Wienerberger – керамічні блоки Porotherm	Керамічна цегла, газобетон, піноблок	Ціна сировини, рівень обслуговування – терміни, якість	Купівельна спроможність	Ціна, рівень інновацій

Висновки: інтенсивність боротьби з боку прямих конкурентів є високою, оскільки завод Wienerberger продає свою продукцію у всіх областях України

через магазини та інтернет, у більшості обласних центрів є офіс компанії; продукція також продається у магазинах-конкурентах.

Можливість для входу на ринок є, оскільки товар інноваційним і має тільки одного прямого конкурента. Потенційні конкуренти мають принципово іншу технологію виробництва та фізико-технічні характеристики.

Перевагою продукту є екологічність – по-перше, кераміка є «зеленим» будівельним матеріалом, по-друге, завдяки наповненню блоку відходами мінераловатного виробництва зменшуються площі зберігання відпрацьованої сировини.

Постачальники маневрують ціною та якістю сировини. Наявний сезонний характер як виробництва, так і збуту товару.

Клієнти диктують умови за рахунок своєї купівельної спроможності. З останніми тенденціями підвищення вартості нерухомості, ця спроможність значно знизилася.

Обмеження через товари-замінники може бути тільки на початку, поки покупці не дізнаються більше про товар – теплоізоляційні властивості, співвідношення ціни/якості та економію часу на будівництво.

На основі даних табл. 4.2, 4.5-7, 4.9 побудовано табл. 4.10, у якій перелічено фактори конкурентоспроможності та їх обґрунтування.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ з/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1.	Теплоізоляційні властивості	Високий опір теплопередачі
2.	Екологічність	Використання глини і відходів МВ
3.	Ціна	Дешевше за існуючий блок, дешевше за цеглу з майбутнім утепленням

Продовження таблиці 4.10

№ з/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
4.	Економія часу	На 30% менше часу, ніж при будівництві цеглою
5.	Економія енергозатрат виробництва	За рахунок випалювання вже готової суміші, без майбутнього заповнення мінеральною ватою

З обґрунтування перелічених факторів випливає, що товар є конкурентоспроможним та підлягає наступним стадіям аналізу.

Перелічені вище фактори конкурентоспроможності керамічного блоку з відходами порівнюються з керамічною цеглою (Ц) та керамічним блоком (КБ). Результати занесені до табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Аналіз сильних та слабких сторін

№ з/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1.	Теплоізоляційні властивості	17	Ц						КБ
2.	Екологічність	20			Ц	КБ			
3.	Ціна	15	КБ						Ц
4.	Економія часу	20	Ц			КБ			
5.	Економія енергії виробництва	20			КБ	Ц			

Керамічний блок перевершую запропонований продукт лише за опором теплопередачі (одна з теплоізоляційних властивостей), при цьому ціна його значно вища. З іншого боку, за вартісним критерієм цегла знаходиться на першому місці, проте її обов'язково треба утеплювати. За іншими критеріями запропонований товар є рівним або кращим за існуючий керамічний блок.

На основі попередніх досліджень ринкових умов та порівнянні характеристик різних товарів розроблено SWOT- аналіз, який представлено у табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фізико-технічні властивості - ціна (у порівнянні з КБ) - економія часу - екологічність 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ціна (у порівнянні з керамічною цеглою) - невідома технологія для споживачів
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вихід на міжнародний ринок - витіснення товарів-конкурентів - збільшення об'ємів виробництва - збільшення робочих місць - удосконалення складу 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - новизна товару - низька купівельна спроможність споживачів - занепад ринку будівельних матеріалів - перенасичення ринку будівництва нерухомості

Найбільшу загрозу становить перенасичення ринку нерухомості (особливо у столиці), що призводить до призупинення будівництва нових будівель та яке наслідок зменшення попиту на будівельні матеріали.

Перелік заходів, імовірність отримання фінансування та строки реалізації для імплементації проекту наведені у табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ з/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Нові розробки, дослідження	Середня	2-3 роки
2.	Вдосконалення діючої технології	Висока	1 рік
3.	Розширення існуючих потужностей	Середня	3-4 роки

Продовження таблиці 4.13

№ з/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
4.	Придбання ліцензій, патентів	Середня	0,5-1 рік
5.	Покращення умов для робітників	Низька	0,5-1 рік

Проаналізувавши дані з табл. 4.13 обрано альтернативу вдосконалення діючої технології, оскільки імовірність отримання ресурсів є високою, а строк реалізації досить коротким.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

На початку підпункту 4.3 описано 3 групи потенційних клієнтів. Для того, щоб обрати цільовий сегмент, необхідно провести ретельний аналіз цих груп. У табл.4.14 наведено результати такого аналізу, де В – високий рівень; С – середній рівень; Н – низький рівень.

Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ з/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Забудовники, фірми-гіганти	С	С	В	Н
2.	Бригади-найманці	В	В	В	В/С
3.	Одноразовий клієнт	С	С/Н	В	В/С

Після проведення аналізу обрано наступну групу клієнтів: бригади-найманці, оскільки ці споживачі завжди шукають нові технології та матеріали з метою заощадження ресурсів як матеріальних (гроші), так і нематеріальних (час).

Для ефективної роботи в обраному сегменті необхідно обрати стратегію охоплення ринку та стратегію розвитку (табл.4.15).

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку	Стратегія охоплення ринку	Конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Вдосконалення діючої технології	Стратегія концентрованого маркетингу	Нові розробки, дослідження	Стратегія диференціації

У розрізі того, що основним споживачем будуть бригади-найманці, для охоплення ринку обрано стратегію концентрованого маркетингу, а розвиток відбуватиметься за стратегією диференціації.

Окрім проведення аналізу конкурентного середовища, необхідно обрати стратегію конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Проект – «першопрохідець» на ринку?	Нові споживачі/ споживачі конкурентів	Копіювання основних характеристик товару конкурента	Стратегія конкурентної поведінки
Так	Споживачі конкурентів	Розмір товару – 500·248·249мм	Стратегія наслідування лідеру

Отже, будучи інноваційним товаром на ринку будівельних матеріалів спочатку доведеться «відбивати» клієнтів у конкурентів, а вже з часом після встановлення позитивної репутації та відомості можна буде розраховувати на своїх клієнтів.

У табл. 4.17 перелічені вимоги споживачів та асоціації, які викликатиме продукція. Як вже зазначалося у табл. 4.15, базовою стратегією розвитку є стратегія концентрованого маркетингу.

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ з/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
1.	Великий термін експлуатації	Теплоізоляційні властивості	Тепло
2.	Відповідність зазначеним властивостям	Ціна	Економічність (грошей і часу)
3.	Гарантія на якість матеріалу	Напрямок на екологізацію	Екологічність
4.	Надійне транспортування	Новітня технологія	Новизна матеріалу

Новизна технології виробництва керамічного блоку з мінераловатним наповненням з однієї сторони є загрозою, з іншої – асоціацією з проривом у галузі будівельних матеріалів.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

У табл. 4.18 перераховані раніше потреби споживачів підкріплюються кількісними та якісними характеристиками пропонованого товару.

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ з/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1.	Високі теплоізоляційні властивості	$R=4,67 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Wt}$	Вищий опір теплопередачі на 519% і 14%
2.	Заощадження коштів	Ціна 4€ за блок	На 15% менша за Porotherm
3.	Економія часу будівництва	Швидке будівництво за рахунок великих розмірів блоку	Економія часу на 30% у порівнянні з керамічною цеглою
4.	Екологічність	Зменшення собівартості за рахунок економії глини	Використання мінеральної вати замість певної частини глини

Наведена таблиця є підсумком попередніх аналізів і узагальнює переваги пропонованої продукції.

Фізико-технічні характеристики та ціна є визначальними факторами у виборі товару. Та з політичним курсом на євроінтеграцію українські виробники все більше звертають увагу на відповідність міжнародним стандартам. У табл. 4.19 наведені Державні Стандарти України та Державні Будівельні Норми, яким повинні відповідати керамічні цегла, камені, блоки.

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Споживачу не потрібно замислюватися над утепленням будинку

Продовження таблиці 4.19

Рівні товару	Сутність та складові
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	1. Теплоізоляційні властивості
	2. Морозостійкість
	3. Міцність на стиснення
	Якість: товар вироблено згідно з ДСТУ Б В.2.7-61:2008, ДСТУ Б А.1.2-1:2007, ДБН В.2.6-31 [32, 53, 37]
III. Товар із підкріпленням	Марка: Камінь КФР – 14,31 НФ – М100 – F50 – 1 – ДСТУ Б В.2.7-61:2008 [32]
	До продажу: знижки на великі партії, гарантія на транспортування без ушкоджень
	Після продажу: гарантія на якість продукції, відшкодування збитків у випадку неякісного товару

Оскільки товар є інноваційним на українському ринку вирішено захищати його за допомогою патенту на корисну модель. Наступним кроком є приблизний економічний аналіз, який сформулює ціну на товар. У табл. 4.20 наведені результати такого аналізу.

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар
3,40 – 8,50 грн/шт	150-250 грн/шт	Середній	100-130 грн/шт

Функції збуту, які має виконувати постачальник товару – велика партія в обмежений термін, оскільки неможливо стовідсотково передбачити наміри споживачів. У табл. 4.21 доповнено характеристику цільових клієнтів.

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№ з/п	Купівельна поведінка цільових клієнтів	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Одноразова закупка великої партії	Канал нульового рівня	Продаж забудовникам
2.	Одноразова закупка середньої партії	Канал першого і другого рівня	Канал першого рівня – продаж з заводу роздрібному продавцю
3.	Одноразова закупка малої партії	Канал першого і другого рівня	

Процес збуту власними силами можливий, якщо покупцем буде фірма-гігант, яка займається будівництвом багатоповерхівок. Для бригад-найманців та одиночного покупця краще застосувати залучену систему збуту – продаж через оптові бази, будівельні ринки, магазини будівельного профілю, інтернет-ресурси. Останнім кроком програми маркетингу для стартап-проекту є розробка комунікацій, завдяки яким буде поширюватися інформація про товар (табл. 4.22).

Таблиця 4.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ з/п	Канали комунікацій	Ключові позиції	Завдання рекламного повідомлення
1.	Event-маркетинг	Задоволення специфічних потреб	Ознайомити споживачів з новим товаром

Продовження таблиці 4.22

№ з/п	Канали комунікацій	Ключові позиції	Завдання рекламного повідомлення
2.	Email-маркетинг	Сервіс обслуговування	Підвищити продаж товару
3.	Реклама в інтернеті, ТБ, радіо	Порівняння з конкурентами	Навести переваги над конкурентами

Основними каналами комунікації є event-маркетинг для фірм-забудовників, email-маркетинг для бригад-найманців та реклама в інтернеті, ТБ, радіо для одноразових клієнтів.

4.6 Оформлення патенту на корисну модель

Реферат. Теплоізоляційний блок відноситься до промисловості виробництва керамічних матеріалів, переважно до складу мас для виготовлення керамічних блоків. Випалений будівельний теплоізоляційний блок з представленої маси належить до будівництва і може бути використаний при зведенні стін житлових будинків, корпусів виробничих приміщень, промислових будівель, у яких необхідні стіни з високими теплоізоляційними властивостями для заощадження коштів на опалення приміщень у холодний період року.

Опис корисної моделі. Корисна модель належить до промисловості керамічних матеріалів, переважно до складу мас для виготовлення керамічних блоків, і може бути використана для випалювання будівельного теплоізоляційного блоку з метою будівництва приміщень з високими теплоізоляційними властивостями.

Відомий будівельний блок (патент №67690 С1, Е04С 1/41, опубл. 12.03.2012 р.), який має теплоізоляційний, несучий і торцевий елементи з вертикальними і горизонтальними замковими з'єднаннями, між якими існують елементарні пустоти, заповнені повітрям [50].

Недоліком є недостатня міцність на стиснення та висока ціна на теплоізоляційний матеріал.

Відомий дрібноштучний теплоізоляційний будівельний блок (патент №1168560, E04C 2/00, опубл. 26.03.2012 р.) , у каркас якого поміщують пластмасові і/або скляні пляшки, що засипають теплоізоляційним наповнювачем – будівельною повстю, мінеральною ватою, мінеральною повстю, спученим перлітом, спученим вермикулітом або керамзитовим гравієм [54].

Недоліком є застосування для з'єднання блоків цементно-грунтової суміші, яка може створювати «мостики» холоду.

Найбільш технічно і технологічно близькою є керамічна цегла (патент РФ №2466112), у керамічну масу якої входить легкоплавка глина (70-90%) і відходи «корольок» (10-30%) у вигляді ваграночного шлаку від виробництва мінеральної вати [24].

Недоліком є низька міцність на стиснення (20 МПа), відсутність даних про теплоізоляційні характеристики. Запропоновано випікати масу у вигляді стандартної цегли, що забирає багато часу на будівництво.

В основу корисної моделі поставлено наступні задачі: підвищення опору теплопередачі блоку і зменшення часу на зведення стін.

Поставлена задача вирішується тим, що будівельний блок має у складі теплоізоляційний матеріал, якому характерна низька теплопровідність, і виготовляється розмірами 500*248*249 мм, що значно знижує час будівництва.

Технічним результатом корисної моделі є те, що склад керамічної маси містить 35% відходів виробництва мінеральної вати, що призводить до підвищення теплоізоляційних властивостей за рахунок зміщення точки роси до зовнішньої поверхні блоку.

Формула корисної моделі. Теплоізоляційний блок, що містить 65% глини і 35% відходів виробництва мінеральної вати, який відрізняється тим, випалюється з однорідної керамічної маси без утворення порожнин для заповнення цементною сумішшю при кладці.

1. Теплоізоляційний блок за п.1, який відрізняється тим, що має нестандартні розміри 500*248*249 мм, що зменшують час і трудомісткість будівництва.
2. Теплоізоляційний блок за пп 1,2, який відрізняється тим, що теплоізоляційні властивості підвищуються і у 1,5 рази перевищують будівельні стандарти.

Висновки до розділу 4

Попри зниження попиту на будівельні матеріали внаслідок перенасичення ринку нерухомості все ж таки існує великий потенціал для виходу нової продукції. Можливість ринкової комерціалізації проекту є високою, оскільки цільовий сегмент орієнтований на нові технологічні рішення.

Після визначення стану конкуренції у даній галузі можна стверджувати, що на ринку є вільні ніші, а бар'єри для входження цілком реальні для подолання. Подальша імплементація проекту є доцільною, оскільки фізико-технічні характеристики представленої продукції високі, перевищують українські та задовільняють європейські стандарти.

З погляду на те, що запропонована керамічна маса з 35-відсотковим вмістом відходів виробництва мінеральної вати є новою, доцільно зробити розробити патент на корисну модель.

ВИСНОВКИ

1. Визначено основні тенденції у промисловості будівельних матеріалів. Проаналізовано теплофізичні характеристики будівельних матеріалів: деревини, піноблоку, газоблоку, керамічної та силікатної цегли, керамічного блоку з пустотами для заповнення мінеральною ватою.

2. Отримано залежності коефіцієнту теплопровідності та опору теплопередачі від вмісту відходів мінеральної вати. Залежності отримані за допомогою вбудованих функцій програми Excel та мають вигляд:

$$y = 0,0041x^2 - 0,0315x + 0,1776 \text{ – для коефіцієнту теплопровідності;}$$

$$y = -0,1182x^2 + 0,9098x + 2,632 \text{ – для опору теплопередачі.}$$

3. Виявлено, що найменший коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,107 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ та найбільший опір теплопередачі $R = 4,67 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$ відповідають значенню 35% вмісту «королька».

4. Проведено розрахунки випадіння конденсату. Побудовано графік розподілення дійсного і максимального тисків, проаналізувавши який зроблено висновок, що випадіння конденсації у конструкції неможливий.

5. Визначено економічний ефект від будівництва фасадних стін будинку з використанням запропонованого керамічного блоку з відходами мінеральної вати. Вартість такого будівництва складає 4,22 млн грн, що менше за вартість будівництва з керамічного блоку з пустотами для заповнення мінеральною ватою та будівництва з силікатної цегли та майбутнім утепленням пінопластом у 1,19 і 1,23 рази відповідно.

6. Вивчено проходження електромагнітних хвиль через будівельні матеріали. Визначено послаблення радіосигналу при переході через цегляну стіну. Через відсутність доступних лабораторій не було проведено досліджень з проходження електромагнітних хвиль через розроблений керамічний блок.

7. Запропонована технологія виробництва керамічного блоку дозволяє збільшити теплофізичні властивості матеріалу та зменшити антропогенний

вплив на навколишнє середовище за рахунок використання відходів виробництва мінеральної вати, зокрема «королька», як вторинної сировини.

8. Розроблено стартап-проект, у якому обрано стратегії розвитку, охоплення ринку, конкурентної поведінки, позиціонування, сформовано систему збуту та визначено концепцію маркетингових комунікацій.

9. Враховуючи унікальність запропонованого складу керамічної маси, вирішено оформити патент на корисну модель, що складається з реферату, опису та формули корисної моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зарубина Л. П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2012. 416 с.
2. Копаница Н.О., Кудяков А.И., Саркисов Ю.С. Строительные материалы и изделия на основе модифицированных торфов Сибири : монография. Томск: Изд-во Том.гос.архит.-строит. ун-та, 2003. 296 с.
3. Белов В. В., Петропавловская В. Б., Храмцов Н. В. Строительные материалы : учебник. Москва: АСВ, 2014. 272 .
4. Горчаков Г. И., Баженов Ю. М. Строительные материалы : учеб.пособ. Москва: Книга по требованию, 1986. 538 с.
5. Копаница Н.О., Кудяков А.И., Ковалева М.А. Теплоизоляционные торфодревесные строительные материалы : монография. Томск: Изд-во Том.гос.архит.-строит. ун-та, 2009. 184 с.
6. Чмышенко Е.Г., Солдатенко Л.В. Экономика промышленности строительных материалов : конспект лекций. Оренбург : ОГУ, 2012. 339 с.
7. Логинова Е.В. Керамические теплоизоляционные строительные материалы низкотемпературного вспенивания на основе композиций глинистого и непластичного сырья : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05. Красноярск, 2012. 22 с.
8. Селиванов Ю.В. Теплоизоляционные керамические строительные материалы на основе композиций глин с техногенным силикатным сырьем: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05. Томск, 2005. 25 с.
9. Современные отделочные материалы: гипсокартон, стекломагниеые листы, сайдинг, ЦСП и другие : учеб. пособ. / В.И. Назарова и др. Москва: МГУ, 2011. 320 с.
10. Мельников И. А. Всё о материалах для каменного дома. Красноярск, 2014. 453 с.

11. Завгородний Н.В. Добавление наночастиц в состав бетона. *Московский бизнес-журнал*. 2011. №12. С. 54-63.
12. Бычков И.В., Зотов И.С., Федий А.А. Исследование прохождения и отражения СВЧ-излучения в многослойных композитных материалах $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ –графит. *Письма в ЖТФ*. 2011. 26 июля (№ 14). С.90-95.
13. Беляев А.А., Беспалова Е.Е., Лепешкин В.В. Радиопоглощающие материалы на основе отделочных строительных материалов для защиты от свч излучения базовых станций сотовой связи. *Труды ВИАМ*. 2015. № 6. С. 44-59.
14. Банный В.А., Игнатенко В.А. Применение полимерных радиопоглощающих материалов в решении проблемы электромагнитной безопасности. *Проблемы здоровья и экологии*. 2014. № 4. С. 9-13.
15. Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Соловьев Д.С. Результаты испытаний магниезиально-шунгитовых экранов электромагнитных полей. *Вестник Санкт-Петербургского Государственного морского технического университета*. Санкт-Петербург, 2017. № 2. – С.28-23. – URL: <http://www.baumaxima.by/index.pl?act=PRODUCT&id=76>.
16. Аржанников А.А., Быченков В.А., Калинин П.В. О возможности разрушения поверхности бетона мощными импульсами СВЧ-излучения. *Прикладная механика и техническая физика*. Новосибирск, 2000. №3. С. 26-34.
17. Катруша А.Н. Экспериментальное исследование ослабление радиоволн строительными и экранирующими материалами в диапазоне частот 800 МГц-17 ГГц. *Журнал радиоэлектроники*. Москва, 2013. №8. С.24-28.
18. Андреев Ю.В., Кузьмин Л.В., Мохсени Т.И. Распространение сверхширокополосных хаотических радиоимпульсов в условиях домашних помещений и офисов. *Вестник Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова*. Москва, 2014. №1. С. 504-508.
19. Рыжев А.И., Лазарев В.А., Мохсени Т.И. Ослабление сверхширокополосных хаотических сигналов диапазона 3-5 ГГц при прохождении через стены зданий. *Журнал радиоэлектроники*. Москва, 2012. №5. С. 24-32.

20. «Рябовский керамический завод» – предприятие группы ЛСР. URL: <http://docplayer.ru/37976894-Ryabovskiy-keramicheskii-zavod-predpriyatie-gruppy-lsr-zavod-dlya-ryadovogo-kirpicha-liniya-a.html>.

21. Теплоізолююча будівельна цегла: пат. 20426 Німеччина. №2471046; заявл. 20.10.2009; опубл. 27.12.2012.

22. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича: пат. РФ № 2388723; заявл. 16.12.2008; опубл. 10.05.2010.

23. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича: пат. РФ № 2466111; заявл. 14.04.2011; опубл. 10.11.2012.

24. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича: пат. РФ № 2466112; заявл. 14.04.2011; опубл. 10.11.2012.

25. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича: пат. РФ № 2389707; заявл. 16.12.2008; опубл. 20.05.2010.

26. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича: пат. РФ № 2388721; заявл. 18.11.2008; опубл. 10.05.2010.

27. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича: пат. РФ № 2326850; заявл. 13.07.2006; опубл. 20.06.2008.

28. Керамическая масса для изготовления керамического кирпича: пат. РФ № 2440317; заявл. 05.07.2010; опубл. 20.01.2012.

29. Виробництво промислової продукції за видами (2013-2017). URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2016/pr/vr_rea_ovpp/vr_rea_ovpp_u/arh_vppv_u.html (дата звернення 28.11.2018).

30. Обсяги експорту та імпорту деяких видів продукції (2013-2017). URL: <http://sfs.gov.ua/priymalnya-gromadyan/dostup-do-publichnoi-inform/naybilsh-zapituvani-dokumenti/> (дата звернення 28.11.2018).

31. Маляренко В.А., Герасимова О.М., Малєєв О.І. Будівельна теплофізика : конспект лекцій. Харків : ХНАМГ , 2007. 100 с.

32. ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови. [Чинний від 2010-01-01]. Вид.офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 33 с.

33. Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика : науч.пособ./ под ред. А.К.Соловьева. Москва : ТЕХНОСФЕРА, 2012. 55 с.
34. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи : науч.пособ. Москва: Энергия, 1977. 344 с.
35. Крашенникова Н.С., Нефедова И.Н., Логотова Л.Г. Возможности использования отходов производства минеральной ваты. *Ползуновский вестник*. Барнаул, 2004. №4. С. 32-39.
36. Захарченко Б.В. Ресурсозберігаюча технологія виробництва керамічної цегли з додаванням мінеральної вати: автореф. дис. ... маг. : 05.24.18. Київ, 2018. 22 с.
37. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-05-01]. Вид.офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. 33 с.
38. Протокол випробувань на теплопровідність каменів керамічних рядових крупноформатних : вик. Укр.наук.-досл. і проект.-констр. ін-том буд. мат. від 24 грудня 2015 р. № 15/53.
39. Ціна на пінопласт в Києві. URL : <https://termoplast.com.ua/catalog/penoplast>. (дата звернення 12.11.2018).
40. Керамічна цегла рядова і облицювальна. URL : <https://www.tsegla.com.ua/kirpich/oblicovochniy-kirpich>. (дата звернення 12.11.2018).
41. Ціна в Україні на керамічний блок Porotherm. URL : <https://wienerberger.ua/ru/price>. (дата звернення 12.11.2018).
42. Апполонский С.М., Каляда Т.В., Синдалевский Б.Е. Безопасность жизнедеятельности человека в электромагнитных полях : учеб.пособ. Санкт-Петербург : Политехника, 2012. 263 с.
43. Байденко М.В., Мирошина О.Н. Физика. Полный курс подготовки к ЕГЭ : учеб.пособ. Москва : АСТ, 2014. 256 с.
44. ГОСТ 12.1.006-84. Электромагнітні поля радіочастот. Припустимі рівні на робочих місцях і вимоги до впровадження контролю. [Чинний від 1986-01-01]. Вид.офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. 33 с.

45. ДСН 239-96. Державні санітарні норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. [Чинний від 1996-09-08]. Вид.офіц. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1996. 38 с.

46. ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми та правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. [Чинний від 2003-01-04]. Вид. офіц. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 2008. 29 с.

47. Левченко О.Г. Контроль електромагнітного випромінювання при контактному зварюванні : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 181 с.

48. Кошелев Н.Ф., Карелин О.Н. Характеристика защитных свойств строительных материалов и изделий из них при действии микроволн. URL: grachev.distudy.ru/Uch_kurs/sredstva/Templ_1/templ_1_6.htm.

49. Кофман Л.Н. Затухание радиоволн в горных породах. *Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи в гражданской авиации*. Рига, 1980. №5. С.61-65.

50. Навісні стіни зі слоїстою панеллю: пат. Японії № 5077359; заявл. 01.05.1993; опубл. 30.04.1997.

51. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / за ред. О.А. Гавриша. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 28 с.

52. Маргіта Н.О., Маргіта М.В. Аналітичне забезпечення управління витратами виробництва в умовах сучасної концепції менеджменту. *Науковий вісник Мукачівського державного університету*. 2017. №1. С.181-188.

53. ДСТУ Б А.1.2-1:2007. Оцінювання відповідності у будівництві згідно з технічним регламентом будівельних виробів, будівель і споруд. Основні положення. [Чинний від 2008-07-01]. Вид.офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2007. 11 с.

54. Дрібноштучний теплоізоляційний будівельний блок: пат.68560 Україна: МПК E04C 1/41, E04C 2/00; заявл. 24.09.2009; опубл. 26.03.2012.